



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

DIGITÁLNÍ PROSTOROVÝ TERMOSTAT OVLÁDANÝ PŘES INTERNET

DIGITAL ROOM THERMOSTAT CONTROLLED VIA INTERNET

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MARTIN BAČA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ DVOŘÁK

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Bc. Martin Bača

ID: 109631

Ročník: 2

Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Digitální prostorový termostat ovládaný přes internet

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte funkce dostupných digitálních prostorových termostatů. Zvolte vhodný typ mikrokontroleru, senzorů a dalších periférií pro sestavení termostatu.

Sestavte digitální prostorový termostat a naprogramujte jeho funkci pro regulaci vytápění v závislosti na vnitřní pokojové teplotě a s ohledem na vývoj venkovní teploty.

Propojte termostat s internetem a vytvořte odpovídající webové uživatelské rozhraní pro sledování, správu a ovládání termostatu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] HRBÁČEK, J. Komunikace mikrokontroleru s okolím. Praha: BEN - technická literatura, 2000.

[2] KREIDL, M. Měření teploty - senzory a měřicí obvody, Praha: BEN - technická literatura, 2005

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 24.5.2013

Vedoucí práce: Ing. Jiří Dvořák

Konzultanti diplomové práce:

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá ideovým návrhem a následnou realizací digitálního prostorového termostatu, výběrem senzorů teploty a připojením zařízení do sítě internet. Zařízení je koncipováno jako tři bezdrátově komunikující jednotky. Venkovní jednotka a čidlo řídicí jednotky dodávají data pro řídicí obvod tvořený mikrokontrolerem ATmega16, který na jejich základě rozhodne o spínání kotle. Termostat je dále vybaven vzdálenou správou přes internet.

KLÍČOVÁ SLOVA

digitální prostorový termostat, měření teploty, ethernetový driver, bezdrátová komunikace, internet

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the ideological design and realization of digital room thermostat and a temperature sensor selection. The device is designed as three units communicating wirelessly. Outdoor unit and control units sensor provide data for the control circuit of microcontroller ATmega16. Microcontroller choose the boiler operation based on sensor data. Thermostat can be remotely controled

KEYWORDS

digital room termostate, temperature measurement, ethernet driver, wireless communication, internet

BAČA, M. *Digitální prostorový termostat ovládaný přes internet*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2013. 36 s. Diplomová práce. Vedoucí práce: Ing. Jiří Dvořák

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Digitální prostorový termostát ovládaný přes internet jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Dvořákovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Seznam obrázků	ix
Úvod	1
1Měření teploty	2
1.1Základní dělení snímačů teploty.....	2
1.1.1Kovové odporové senzory [1].....	2
1.1.2Polovodičové senzory [1]	2
1.1.3Termoelektrický článek [1]	4
1.1.4 Inteligentní snímače teploty [2].....	4
2Rozdělení regulace	5
2.1Regulace podle vnitřní teploty vzduchu.....	5
2.2Regulace podle venkovní teploty.....	5
2.3Ekvitermní regulace se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu.....	6
2.4Regulace podle zátěže.....	6
3Prostorový termostat	7
3.1Funkce termostatu.....	7
3.2Dělení prostorových termostatů.....	7
3.3Digitální prostorové termostaty.....	7
4Internet	9
4.1Vznik a vývoj.....	9
4.2Modely architektur počítačových sítí.....	9
4.3Vrstva síťového rozhraní.....	10
4.4Vrstva síťová.....	10
4.4.1Protokol IP.....	10
4.4.2IP adresa.....	11
4.4.3Překlad adres.....	11
4.5Transportní vrstva.....	12
4.6Aplikační vrstva	12
4.6.1Protokol HTTP.....	12

4.7Ethernet.....	13
5Návrh termostatu	14
5.1Venkovní jednotka.....	14
5.1.1Blokové schéma	14
5.1.2Popis funkce.....	14
5.2Řídící jednotka.....	15
5.2.1Blokové schéma	15
5.2.2Popis funkce.....	15
5.3Spínací jednotka.....	15
5.3.1Blokové schéma	15
5.3.2Popis funkce.....	16
5.4Snímač teploty.....	16
5.4.1Snímač DS18B20 [9].....	16
5.4.2Sběrnice 1-Wire [9].....	16
5.5Mikrokontrolér.....	17
5.6Modul pro bezdrátový přenos	18
5.7Optotriak.....	18
5.8Ethernetový modul.....	19
5.9Inicializace modulu.....	19
5.1074HCT541.....	21
6Realizace hardwaru	21
6.1Venkovní jednotka.....	22
6.1.1Schéma zapojení.....	22
6.1.2Popis schématu.....	22
6.2Řídící jednotka.....	22
6.2.1Schéma zapojení.....	22
6.2.2Popis schématu.....	22
6.3Spínací jednotka.....	22
6.3.1Schéma zapojení.....	22
6.3.2Popis schématu.....	23
6.4Návrh Desek plošných spojů.....	23
7Realizace SOFTWARE	23
7.1Venkovní jednotka.....	23

7.2Hlavní jednotka.....	25
7.3Spínací jednotka.....	28
8Realizace připojení k internetu	29
8.1Web server.....	29
8.2Webové rozhraní.....	30
8.3Příprava web serveru pro nahrání do modulu.....	32
8.4Nahrání web serveru do modulu.....	34
8.5Obejití NATu.....	34
9Závěr	35
Literatura	36
SEZNAM PŘÍLOH	38

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Blokové schéma inteligentního snímače (převzato z [2]).....	4
Obr. 2.2: Ekvitermní křivky pro různé teploty místností (převzato z [4]).....	5
Obr. 2.2: Křivky zátěže (převzato z [3]).....	6
Obr. 4.1: Modely TCP/IP a ISO OSI (převzato z [6]).....	10
Obr. 5.1: Blokové schéma venkovní jednotky.....	14
Obr. 5.2: Blokové schéma řídicí jednotky.....	15
Obr. 5.3: Blokové schéma spínací jednotky.....	17
Obr. 5.4: Inicializace 1-wire sběrnice (převzato z [6]).....	17
Obr. 5.5: Časový diagram čtení a zápisu 1-wire sběrnice (převzato z [6]).....	12
Obr. 5.6: RFM12B/868	18
Obr. 5.7: Nano SocketLAN (převzato z [15]).....	20
Obr. 5.8: iChipConfig (převzato z [16])	20
Obr. 5.9: iChipConfig sekce Quick Configuration (převzato z [16])	21
Obr.8.1: Výřez zachyceného webového rozhraní bez připojeného termostatu	33
Obr.8.2: Výřez zachyceného webového rozhraní s připojeným termostatem	33
Obr.8.3: Výřez okna iChipConfig (převzato z [21])	34
Obr.8.4: Okno Web site packer (převzato z [21])	35
Obr.8.5: Výřez okna konfiguračního web serveru (převzato z [21])	36

ÚVOD

Tato diplomová práce se bude zabývat popisem měření teploty, běžně používaných způsobů regulace otopných soustav, ideovým návrhem a posléze vlastním návrhem a realizací digitálního pokojového termostatu. Protože jsou otopné soustavy domů projektovány na základě výpočtů tepelných ztrát pro nejnižší roční venkovní teplotu v daném regionu, je každá otopná soustava objektů po většinu dnů v roce značně předimenzovaná, a proto je nutné správně regulovat její výkon, aby byla zajištěna tepelná pohoda, ale též proto, aby nebylo nutné platit za zbytečně vyprodukované teplo. Druhý zmíněný argument je vzhledem k neustále stoupajícím cenám energií stále aktuálnější.

Následující text je členěn do 9 základních částí. Kapitola 1 se zabývá měřením teploty pomocí elektrických snímačů. Druhá kapitola se zabývá teorií regulace otopných soustav. Kapitola třetí se pak věnuje teorii digitálních prostorových termostatů. Ve čtvrté kapitole je stručně popsán vývoj sítě internet a některé pro práci důležité síťové protokoly a funkce. Následující část se věnuje ideovému návrhu a realizaci digitálního prostorového termostatu. Kapitola šestá se zabývá realizací hardwaru. Sedmá kapitola popisuje softwarové řešení práce. Následující kapitola popisuje realizaci připojení do internetu. V poslední kapitole je stručně shrnuta celá práce.

1 MĚŘENÍ TEPLOTY

Aby bylo možné regulovat jakýkoliv systém, je nezbytné znát aktuální vlastnosti ovlivňované veličiny. V tomto případě je onou veličinou teplota, proto bude následující text věnován přehledu rozdělení teplotních snímačů.

1.1 Základní dělení snímačů teploty

V současné době existuje nepřeberné množství teplotních snímačů, které můžeme rozdělit podle řady různých kritérií. [1]

Dělení dle fyzikálního principu:

- ³⁵₁₇ dilatační (plynové, kapalinové, parní a bimetalové)
- ³⁵₁₇ elektrické (kovové, polovodičové, termoelektrické)
- ³⁵₁₇ čidla speciální

Dle typu výstupního signálu:

- ³⁵₁₇ analogová
- ³⁵₁₇ číslicová

V tomto případě se práce bude zabývat pouze elektrickými snímači.

1.1.1 Kovové odporové senzory [1]

Funkce těchto čidel je založena na závislosti měrného odporu kovu na teplotě.

Použitý kov musí mít co největší a stálý teplotní součinitel odporu, lineární teplotní závislost a co největší rezistivitu. Nejpoužívanějším materiálem je platina pro velkou chemickou stálost, vysokou teplotu tavení, ale také pro vysokou dosažitelnou čistotu. Čidla lze použít pro provozní měření teploty až do 1200 °C s přesností až $\pm 0,25$ °C.

1.1.2 Polovodičové senzory [1]

U polovodičových senzorů teploty se podobně jako u kovových využívá teplotní závislosti odporu na teplotě. S rostoucí teplotou roste koncentrace nosičů náboje a elektrický odpor materiálu se snižuje.

Polovodičová čidla se dělí na polykrystalické a monokrystalické.

Polykrystalické senzory

³⁵₁₇ **Termistor NTC** – záporná závislost odporu na teplotě

³⁵₁₇ **Termistor PTC** – kladná závislost odporu na teplotě

Termistory NTC (negastory)

Jak již z názvu NTC (Negative Temperature Coefficient) lze určit, čidlo se vyznačuje záporným teplotním součinitelem odporu. Tedy s rostoucí teplotou se zvyšuje koncentrace nosičů náboje a elektrický odpor klesá. Termistory se vyrábějí v celé škále teplotních rozsahů od cca 4K až po 1000 °C. Nejběžněji se však používají pro rozsahy cca. -50 °C až 150 °C.

Termistory PTC (pozistory)

Na rozdíl od NTC termistorů mají kladný teplotní koeficient. Ovšem závislost odporu na teplotě je značně nelineární. Jejich odpor s rostoucí teplotou nejprve mírně klesá a po překročení Curieovy teploty strmě roste. Proto je jejich použití pro měření teploty omezené.

Monokrystalické senzory

a) bez PN přechodu

Vyrábí se z křemíku, germania nebo india, v praxi se však setkáváme pouze se senzory křemíkovými. Si senzory teploty tedy mají kladný teplotní součinitel odporu podobně jako PTC termistory, princip jejich vodivosti je však odlišný. Křemíkové senzory se obvykle používají pro rozsah teplot od -160 °C až 300 °C. Jsou značně citlivé na magnetické pole.

b) s PN přechodem

Tyto senzory jsou založeny na teplotní závislosti napětí PN přechodu.

Používají se v teplotním rozsahu 1 až 400 K. Tato čidla teploty vykazují lineární závislost výstupní termometrické veličiny na teplotě. Nejzajímavější pro účely měření teploty je Zenerova dioda, a to v závěrné oblasti její charakteristiky. Volbou Zenerova napětí lze měnit velikost jejího teplotního součinitele. Diodová čidla se vyznačují velkou citlivostí, linearitou a miniaturními rozměry. Právě díky malým rozměrům je vhodné integrovat je do tzv. inteligentních senzorů.

1.1.3 Termoelektrický článek [1]

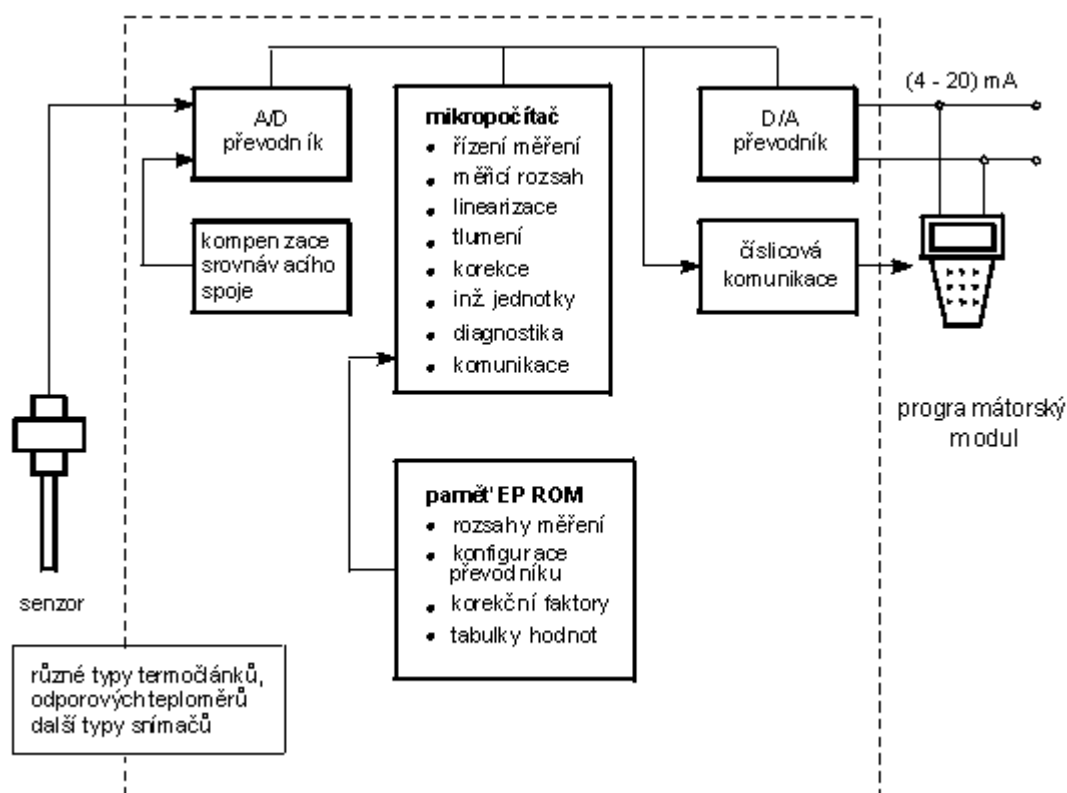
Termočlánky jsou jedny z nejpoužívanějších senzorů pro měření teploty v širokém rozsahu. Jejich princip je založen na Seebeckově jevu. Mějme dva různé kovy, které jsou na svých koncích spojeny a každý konec je vystaven jiné teplotě, čímž na nich vzniká odlišný elektrický potenciál.

Při uzavření obvodu bude výstupní termoelektrické napětí úměrné rozdílu teploty obou míst. Obvod se tedy skládá ze dvou materiálů A a B spojených ve dvou bodech. Jeden z bodů tvoří **měřicí spoj**, druhý **srovnávací spoj**. Pro správnou funkci čidla teploty je nezbytné, aby teplota srovnávacího spoje byla konstantní nebo známá. Termočlánky se vyrábí kombinací různých kovů nebo slitin.

Mezi výhody patří široký měřicí rozsah závislý na použitých materiálech a malá tepelná setrvačnost. Nevýhodou je nižší přesnost, nelinearita, potřeba referenční teploty.

1.1.4 Inteligentní snímače teploty [2]

Obvykle jsou vybaveny jedním nebo několika mikroprocesory, které vedle úpravy vstupního signálu zajišťují kalibraci, filtraci, digitální zobrazení, hlídání nastavených mezí a obousměrnou komunikaci s nadřazeným řídicím systémem. Funkce a základní části typického inteligentního převodníku jsou zřejmé z blokového schématu na obrázku 2. Inteligentní převodníky různých výrobců se liší konkrétním uspořádáním obvodového zapojení a výbavou. Přes poměrně složité zapojení jsou inteligentní převodníky velice kompaktní přístroje s malými rozměry.



Obr. 1.3: Blokové schéma inteligentního snímače (převzato z [2]).

2 ROZDĚLENÍ REGULACE

Možností, jak regulovat zdroje tepla, je velké množství. V následujícím textu budou popsány základní principy v současné praxi nejčastěji používaných regulačních metod.[3]

2.1 Regulace podle vnitřní teploty vzduchu

Měřenou veličinou je v tomto případě teplota vzduchu ve vytápěném prostoru. Snímač bývá umístěn do referenční místnosti, podle níž jsou pak regulovány ostatní prostory. Z tohoto důvodu je takové řešení nevhodné pro rozsáhlejší objekty.

Čidlo musí být umístěno tak, aby nedocházelo k jeho ovlivňování lokálními zdroji tepla. Regulační systém může být výhodný při doplnění o termostatické regulační ventily. Ventily nemohou být osazeny v referenční místnosti, aby nedocházelo k ovlivňování systému, které by se tak staly neúčinnými. Výhodou regulace podle vnitřní teploty vzduchu je rovněž chování při omezeném provozu otopné soustavy.

2.2 Regulace podle venkovní teploty

Systém reguluje teplotu otopné vody podle venkovní teploty. Tato závislost se nazývá ekvitermní křivka (viz.obr. 1.1) a je vždy definována pouze pro jednu teplotu v místnosti. Křivku lze přizpůsobit pro danou soustavu a její vlastnosti pomocí jejího naklánění či posunu. Teplota přírodní vody se reguluje dvoupolohově nebo třípolohově. Jelikož chybí zpětná vazba na vnitřní teplotu, systém je ještě potřeba doplnit o místní regulaci.



Obr. 2.4:

Ekvitermní křivky pro různé teploty místností (převzato z [4]).

Pro optimální nastavení regulátoru je potřebné znát správnou polohu otopné křivky. Ta se určuje experimentem, při kterém musí být místní regulace odstavena.

2.3 Ekvitermní regulace se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu

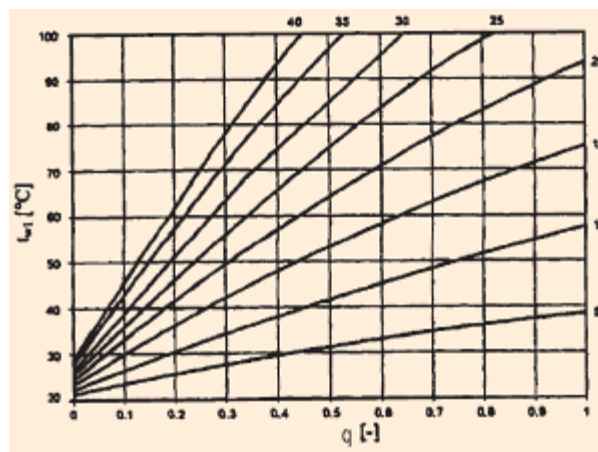
V tomto případě vstupuje do ekvitermní regulace zpětná vazba z prostoru. Z toho plyne, že se nejedná o čisté ekvitermní řízení. Regulátor měří aktuální teplotu v referenčním prostoru a koriguje výše popsaný systém ekvitermní regulace.

Vliv teploty prostoru může být buď dlouhodobý, tedy dle vnitřní teploty regulátor přizpůsobí otopnou křivku vlastnostem objektu, nebo krátkodobý, kdy na základě zjištěné teplotní odchylky v prostoru regulátor účelově koriguje žádanou prostorovou teplotu.

2.4 Regulace podle zátěže

Systém reguluje teplotu otopné vody v závislosti na potřebě tepla bez použití čidla teploty vnitřního či vnějšího. Díky zlepšování tepelných vlastností budov vliv venkovní teploty na skutečnou spotřebu tepla stále klesá.

Požadovaná teplota kotlové vody či teplota vody přiváděné do soustavy je řízena podle křivek zátěže (viz. obr. 2.2).



Obr. 2.2: Křivky zátěže(převzato z [3]).

Výhodou u tohoto řízení je poměrně rychlá odezva na potřebu tepla a produkce pouze aktuálně potřebného množství. Za nevýhodu lze považovat nutnost použití místní regulace.

3 PROSTOROVÝ TERMOSTAT

Dle dělení z předchozí kapitoly patří prostorové termostaty do skupiny regulace podle vnitřní teploty vzduchu. Prostorové termostaty slouží k porovnávání požadované a aktuálně změřené prostorové teploty. Součástí každého termostatu je teplotní snímač, který měří prostorovou teplotu. Dále pak vstupní zařízení např. ve formě tlačítek, které slouží pro nastavení požadované teploty. Poslední částí, kterou každý termostat obsahuje, je akční člen, např. relé, který slouží ke spínání spotřebiče.

3.1 Funkce termostatu

Změřená prostorová teplota je porovnávána s požadovanou teplotou. Pokud je změřená teplota nižší než nastavená, akční člen termostatu sepne a uvede připojený topný systém do chodu. Pokud je prostorová teplota vyšší než požadovaná, výstupní relé termostatu je rozepnuté a připojené zařízení je vypnuté. Funkce termostatu je poměrně jednoduchá a s výhodou je tedy možné použít termostat k ovládání lokálních zdrojů tepla a čerpadel. Termostat pak spíná jednotlivá zařízení cyklicky podle požadované a aktuální prostorové teploty.

3.2 Dělení prostorových termostatů

Většinu trhu s termostaty v dnešní době zabírají digitální prostorové termostaty, které lze dále dělit na drátové a bezdrátové. Bezdrátové modely se skládají ze dvou jednotek. První z nich je samotný termostat a druhá jednotka obsahuje spínací prvek. Termostat je umístěn ve vytápěné místnosti a reléová jednotka je umístěna u zdroje vytápění. Spínač je bezdrátově ovládán z jednotky prostorového termostatu. Bezdrátová komunikace probíhá v bezlicenčním pásmu na frekvenci 464 MHz nebo 868 MHz. Dosah bývá výrobcem zaručován do vzdálenosti 30 m v otevřeném prostoru. Vodičové prostorové termostaty obsahují relé přímo v základní jednotce prostorového termostatu. Z hlediska funkce jsou však oba typy stejné.

Druhým nejběžnějším typem jsou termostaty mechanické, kterými se tato práce však nebude zabírat.

3.3 Digitální prostorové termostaty

Digitální prostorové termostaty jsou vybaveny různými funkcemi, které přispívají k menšímu poškození kotlů a samozřejmě požadované tepelné pohodě a uživatelskému komfortu.

Nejviditelnějším znakem digitálních prostorových termostatů je, že obsahují displej. Na displeji jsou zobrazeny všechny důležité hodnoty a tím přispívá k uživatelskému komfortu.

Nejběžnější nastavbovou funkcí digitálních prostorových termostatů jsou různé časové programy. Jejich funkce spočívá v přednastavení chování regulátoru v závislosti na čase. Obvyklé jsou např. týdenní programy s možností nastavení několika různých teplot pro jednotlivé dny. Téměř všechny digitální prostorové termostaty obsahují tři základní režimy. Prvním je vypnutí, což ovšem není doslovné, protože při vypnutém stavu udržuje termostat protimrazovou teplotu. Další režim je manuální. V tomto režimu reguluje termostat prostorovou teplotu na hodnotu nastavenou uživatelem. Posledním režimem je automatický mód. V něm dodržuje termostat teploty nastavené v týdenním časovém programu. Automatický režim je tedy uživatelsky nejkomfortnější.

Další běžnou funkcí termostatů je omezení tzv. cyklování neboli cyklické spínání a rozpínání zdroje tepla. Tento stav je zvláště špatný pro plynové kotle, kdy se častým spínáním velice opotřebovává hořák a roste spotřeba. Cyklování lze omezit funkcí teplotní difference a funkcí pro nastavení počtu cyklů sepnutí na požadovanou minimální dobu. Teplotní difference je výhodná v případě, kdy nedochází k prudkým změnám teploty. Pokud tedy termostat sepne zátěž při určité teplotě a vytopí okolní prostor, nevypne v okamžiku překročení požadované teploty, ale až při definovaném překročení. Toto platí i v opačném směru vývoje teploty. Tímto velice jednoduchým způsobem se zamezí neustálému spínání a vypínání kotle. Pokud ovšem prostorová teplota prudce kolísá, je výhodné využít funkce pro nastavení počtu sepnutí za definovaný čas.

Vybrané prostorové termostaty jsou také vybaveny speciálními časovými programy jako dovolená, party apod.. Při jejich aktivaci dojde k okamžité změně požadované teploty na určitou, předem nastavenou, dobu. Například v režimu dovolené je možné nastavit termostat tak, že po dobu 14 dnů bude vytápět prostor na teplotu např. 10°C. Po uplynutí nastavené doby pak dojde k okamžitému návratu na vytápění dle standardního nastaveného časového programu. Těchto speciálních režimů může termostat obsahovat více, avšak kromě názvu se liší pouze délkou trvání. V současné době se začínají rozšiřovat termostaty s GSM modulem, který umožňuje vzdálenou správu např. pomocí SMS či na zavolání.

4 INTERNET

Internet je celosvětová počítačová síť pracující na základě protokolů TCP/IP, které umožňují komunikaci mezi veřejnými a soukromými sítěmi, na různých typech komunikačních médií a různých technických platformách.

4.1 Vznik a vývoj

Síť, kterou dnes nazýváme internet, začala jako myšlenka na propojení armádních počítačů na počátku šedesátých let dvacátého století. Síť se jmenovala ARPANET podle vládní agentury ARPA (Advanced Research Project Agency). Síť se postupně rozrůstala o civilní instituce.

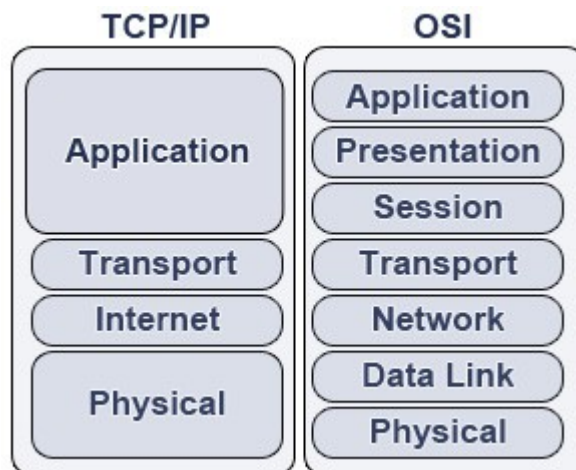
Termín "Internet" byl poprvé použit ve vědecké práci zpracované v roce 1974, ale až do roku 1982 to nebyl takový Internet, jak ho známe. V tomto roku Vint Cerf a Bob Kahn zdokonalili TCP/IP.

V lednu následujícího roku, již všechny počítače propojené na ARPANETU, začaly používat TCP/IP. Díky tomu a též volné struktuře sítě bylo možné připojení na síť TRUE "Inter"-net

ARPANET byl oficiálně uzavřen v roce 1990, kdy veškeré povinnosti Arpanetu převzal INTERNET.

4.2 Modely architektury počítačových sítí

Síťová komunikace je velmi komplexní, a proto jsou jednotlivé úlohy rozděleny do vrstev. Nižší vrstvy poskytují služby vrstvám vyšším. Výměna dat mezi vrstvami je přesně definována. Komunikace mezi stejnými vrstvami dvou různých systémů je řízena komunikačním protokolem za použití spojení vytvořeného nižšími vrstvami. Základní modely zabývající se problematikou jsou ISO OSI a TCP/IP. ISO OSI model dnes ustupuje svému konkurentovi, jednoduššímu modelu TCP/IP. V následujících kapitolách budou stručně shrnuty vlastnosti a význam jednotlivých vrstev modelu TCP/IP. Vlastnosti a metody důležité pro tuto práci budou rozebrány podrobněji.



Obr. 4.1: Modely TCP/IP a ISO OSI (převzato z [6]).

4.3 Vrstva síťového rozhraní

Nejnižší vrstva, vrstva síťového rozhraní má na starosti vše, co je spojeno s ovládáním konkrétní přenosové cesty, resp. sítě, a s přímým vysíláním a příjmem datových paketů. V rámci TCP/IP není blíže specifikována, neboť je závislá na použité přenosové technologii.

4.4 Vrstva síťová

Vyšší vrstva, která již není závislá na konkrétní přenosové technologii, je označována jako Internet Layer, nebo IP Layer podle toho, že je realizována pomocí protokolu IP. Tato vrstva zajišťuje, aby se jednotlivé pakety dostaly od odesílatele k příjemci, přes případné směšovače, resp. brány. Vzhledem k nespojovanému charakteru přenosů v TCP/IP je na úrovni této vrstvy zajišťována nespolehlivá datagramová služba.

4.4.1 Protokol IP

Data jsou od odesílatele k příjemci dopravována přes směrovače. Na cestě od odesílatele k příjemci se vyskytne celá řada směrovačů, z nichž každý řeší samostatně směrování k následujícímu směrovači. Data jsou předávána od směšovače ke směrovači.

IP protokol umožňuje spojit jednotlivé lokální sítě do celosvětového Internetu. Od protokolu IP dostal také Internet své jméno. Zkratka IP znamená InterNet Protocol, tedy protokol spojující sítě.

IP-protokol se skládá s několika dílčích protokolů:

³⁵₁₇Vlastní IP protokol.

³⁵₁₇Služební protokol ICMP sloužící zejména k signalizaci mimořádných stavů.

³⁵₁₇Služební protokol IGMP sloužící pro dopravu adresných oběžníků.

³⁵₁₇Služební protokoly ARP a RARP

V IP protokolu má každé síťové rozhraní adresu, která je v případě IPv4 čtyřbajtová, a v případě IPv6 šestnáctibajtová.

Základním stavebním prvkem rozsáhlejších sítí je směrovač, kterým se vzájemně propojují jednotlivé LAN do rozsáhlé sítě. Jako směrovač může sloužit běžný počítač s více síťovými nebo specializovaný přístroj.

4.4.2 IP adresa

Dnes nejrozšířenější protokol IP verze 4 používá adresu o délce čtyři bajty. IP adresa je jednoznačný identifikátor síťového rozhraní systému. Pokud má systém více síťových rozhraní, pak každé rozhraní má svou IP adresu. Je možná i opačná varianta, kdy jedno síťové rozhraní může mít několik IP adres. IP adresa je tvořena čtyřmi bajty, které se mezi sebou oddělují tečkou.

Pro uzavřené podnikové sítě jsou vyhrazeny adresy sítí:

10.0.0.0/8 10.0.0.0 až 10.255.255.255

172.16.0.0/12 172.16.0.0 až 172.31.255.255

192.168.0.0/16 192.168.0.0 až 192.168.255.255

Použití těchto adres navíc zvyšuje bezpečnost, protože jsou nesměrovatelné v Internetu a o přidělení adres v těchto rozsazích není třeba nikoho žádat.

4.4.3 Překlad adres

Vzhledem k obrovskému počtu zařízení připojených k síti internet je nemožné, aby každý účastník měl přidělenou vlastní veřejnou IPv4 adresu. Řešením tohoto problému je překlad adres.

V současnosti je jedním z nejčastěji používaných mechanismů sloužících ke zpřístupnění internetového připojení v lokálních sítích NAT (network address translation). NAT je mechanismus, který se spouští na hraničních směrovačích umístěných na hranici mezi lokální sítí a Internetem. NAT překládá adresy vnitřní sítě na adresy směrovatelné v Internetu.

4.5 Transportní vrstva

Třetí vrstva je označována jako transportní vrstva (Transport Layer), nebo jako TCP vrstva, protože je nejčastěji realizována právě protokolem TCP (Transmission Control Protocol). Hlavním úkolem této vrstvy je zajistit přenos mezi dvěma koncovými účastníky, kterými jsou v případě TCP/IP přímo aplikační programy. Podle jejich požadavků může transportní vrstva regulovat tok dat, zajišťovat spolehlivost přenosu, a také měnit nespojovaný charakter přenosu na spojovaný. Přestože je transportní vrstva obvykle zajišťována právě protokolem TCP, není to možnost jediná. Dalším používaným protokolem je UDP (User Datagram Protocol), který na rozdíl od TCP nezajišťuje spolehlivost přenosu.

4.6 Aplikační vrstva

Nejvyšší vrstva je aplikační (Application Layer). Ta je tvořena jednotlivými aplikačními programy, které komunikují přímo s transportní vrstvou. Případné prezentační a relační služby, které v modelu ISO/OSI zajišťují definované vrstvy, si v tomto případě realizují aplikace samotné.

4.6.1 Protokol HTTP

Hypertext Transfer Protocol je internetový protokol určený pro výměnu hypertextových dokumentů ve formátu HTML. Používá obvykle port 80. Existuje ve třech verzích. V dnešní době je nejpoužívanější verze 1.1. S narůstající interaktivitou a rychlostí Internetu je protokol HTTP využíván i pro přenos dalších informací. Pomocí rozšíření MIME lze přenášet jakýkoli soubor.

Pomocí aplikačních bran zpřístupňuje i další protokoly, jako je FTP nebo SMTP. Protokol HTTP používá jednotný lokátor prostředků URL, který specifikuje jednoznačné umístění konkrétního zdroje v Internetu. K protokolu HTTP existuje také jeho zabezpečená verze HTTPS, která umožňuje přenášet data šifrovaně, a tím chránit před odposlechem a případným zneužitím.

Protokol HTTP funguje způsobem dotaz-odpověď. Uživatel pošle serveru dotaz ve formě textu, který obsahuje označení požadovaného dokumentu, informace o vlastních schopnostech atd.. Server následně odpoví pomocí textu popisujícího výsledek dotazu. Text může obsahovat například údaje o nalezení dokumentu nebo typu dokumentu. Za tímto textem následují data samotného požadovaného dokumentu.

Při dalším dotazu na stejný server se bude jednat o nezávislý dotaz a odpověď. Server nepozná, jestli dotaz jakkoli souvisí s předchozím. Z toho plyne, že protokol HTTP je bezstavový. Tedy protokol neumí uchovávat stav komunikace, což přináší problémy pro implementaci složitějších procesů přes HTTP.

K uchování informací o stavu připojení na straně uživatele byl proto HTTP protokol rozšířen o soubory cookies, které umožňují uchování informací o stavu komunikace na straně uživatele. Cookies tedy slouží pro informování serveru o stavu připojení.

Protokol verze 1.1 podporuje několik metod, které je možno provést nad daným objektem dokumentu HTML. Tyto metody jsou GET, POST, HEAD, OPTIONS, TRACE, CONNECT, PUT a DELETE. Metody PUT a DELETE obvykle nejsou implementovány.

Metoda GET

Metoda GET slouží k dotazování klienta na konkrétní informace uložené na serveru. Metoda GET může obsahovat i data, která se přenesou jako součást dotazu za otazníkem.

Metoda POST

Metodou POST se odesílají data na server. Používá se například při odesílání formuláře na webu. Metoda POST se používá pro data větší než 512 bajtů. Data předávaná metodou POST jsou přenášena v HTTP požadavku

Metoda HEAD

Metoda HEAD koresponduje s GET, ale poskytuje pouze hlavičku odpovědi.

Metoda TRACE

Metoda TRACE určuje, kolik je mezi koncovými body proxy nebo bran.

Metoda OPTIONS

Metoda OPTIONS se používá ke zjištění komunikačních vlastností serveru či požadovaného URI. Při dotazu na vlastnosti celého serveru se místo URI používá hvězdička.

4.7 Ethernet

Ethernet je v současnosti nejrozšířenější sítíovou technologií. Je standardizován jako IEEE 802.3 a definuje fyzické médium, algoritmus přístupu a formát přenášených rámců. Ethernet obsazuje fyzickou a linkovou vrstvu. Linková vrstva se dále dělí na vrstvu MAC (Medium Access Control) řídící přístup ke sdílenému médiu, které se již dnes prakticky nepoužívá. Po MAC je vrstva PHY zajišťující kódování, obnovu taktu, kompenzaci přeslechů, apod. MAC komunikuje s PHY přes standardizované čistě digitální rozhraní. MAC je tedy čistě číslicový obvod, zatímco PHY je analogovědigitální systém.

Dnes nejpoužívanějším standardem je 100Base-TX. Je to standard o rychlosti 100 Mb/s, jinak též nazývaný Fast Ethernet, který používá dva páry UTP nebo STP kabelu kategorie.

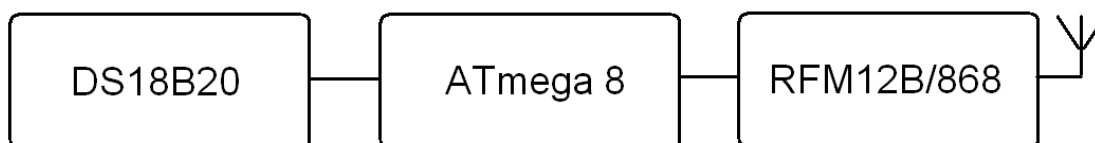
5 NÁVRH TERMOSTATU

Navržený digitální prostorový termostat se skládá ze tří jednotek. První jednotka měří venkovní teplotu. Druhá jednotka měří vnitřní teplotu, realizuje samotný termostat a zprostředkovává rozhraní mezi uživatelem a regulátorem. Třetí jednotka realizuje samotný akční zásah do regulovaného systému. Všechny popsané jednotky spolu navzájem komunikují pomocí transcieverů RFM12B/868 ve volném radiovém pásmu.

5.1 Venkovní jednotka

5.1.1 Blokové schéma

Blokové schéma venkovní jednotky (viz Obr.5.1). Popis následuje v části 5.1.2.



Obr. 5.1: Blokové schéma venkovní jednotky.

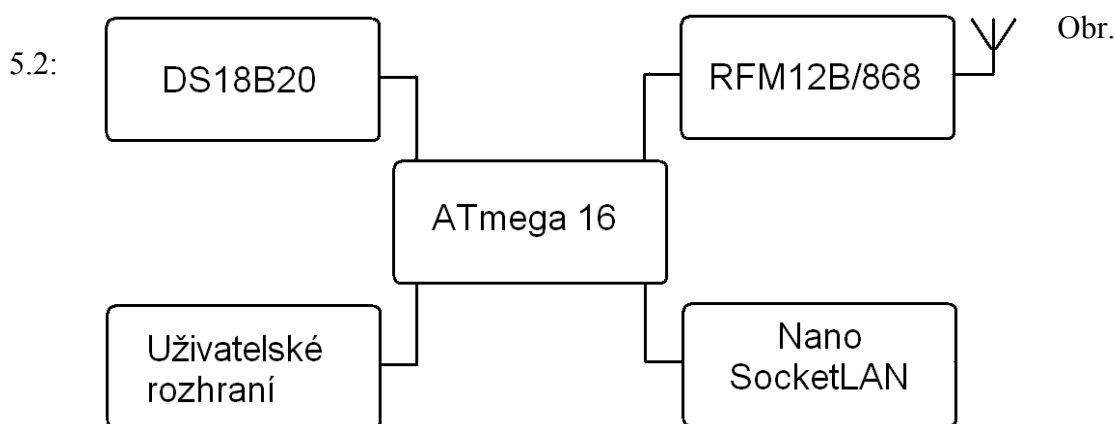
5.1.2 Popis funkce

Jednotka se skládá z inteligentního čidla teploty DS18B20(více viz. kapitola 5.4), které je pomocí 1-wire sběrnice připojeno k mikrokontroleru ATmega 8 (více viz. kapitola 5.5). Mikrokontroler poté předá naměřená data modulu RFM12B/868 (více viz. kapitola 5.6), který je odešle do řídicí jednotky k dalšímu zpracování. Jednotka bude umístěna mimo budovu a proto bude bateriově napájena.

5.2 Řídící jednotka

5.2.1 Blokové schéma

Blokové schéma řídicí jednotky (viz Obr.5.2). Popis následuje v části 5.2.2.



Blokové schéma řídicí jednotky.

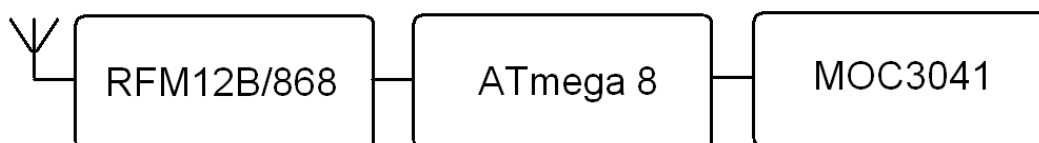
5.2.2 Popis funkce

Jednotka se skládá z inteligentního čidla teploty DS18B20 (více viz. kapitola 5.4), které je pomocí 1-wire sběrnice připojeno k mikrokontroleru ATmega 16 (více viz. kapitola 5.5), v němž je realizován samotný termostat. Do mikrokontroleru jsou dále přivedena data z venkovního modulu pomocí RFM12B/868 (více viz. kapitola 5.6). Po vyhodnocení dat z obou snímačů termostat rozhodne dle programu, zda-li je potřeba sepnout či rozepnout spotřebič a výsledek předá opět pomocí modulu RFM12B/868 do spínací jednotky. Dále se zde nachází obvod Nano SocietLAN (více viz. kapitola 5.8) sloužící pro vzdálenou správu a kontrolu statusu regulátoru.

5.3 Spínací jednotka

5.3.1 Blokové schéma

Blokové schéma spínací jednotky (viz Obr.5.3). Popis následuje v části 5.3.2.



Obr. 5.3: Blokové schéma spínací jednotky.

5.3.2 Popis funkce

Jednotka se skládá z modulu RFM12B/868 (více viz. kapitola 5.6), který přijme data z kontrolní jednotky. Data jsou zpracována mikrokontrolerem ATmega 8 (více viz. kapitola 5.5), který pak ovládá optotriak MOC3041 (více viz. kapitola 5.7).

5.4 Snímač teploty

5.4.1 Snímač DS18B20 [9]

Jako snímače teploty byly vybrány inteligentní senzory DS18B20 [9] od firmy Maxim. Tento snímač přímo převádí teplotu na 9-12 bitový výstup s maximálním rozlišením 0,0625°C a také zajišťuje komunikaci s mikrokontrolerem po jednovodičové sběrnici 1-Wire. Kromě měření teploty lze obvodu nastavit horní a dolní hranici teplot. Při čtení měřených hodnot jsou k dispozici bity nesoucí informace o překročení uložených teplot. Výsledek měření je uložen do 2bytového registru.

Důležité vlastnosti:

³⁵₁₇ měřicí rozsah od -55 °C do 125 °C

³⁵₁₇ přesnost ±0,5 °C na rozsahu -10°C do +85°C

³⁵₁₇ výstupem je 9, 10, 11 nebo 12 bitové číslo

³⁵₁₇ široký rozsah napájecího napětí 3 až 5.5 V

³⁵₁₇ převod teploty trvá max. 750ms

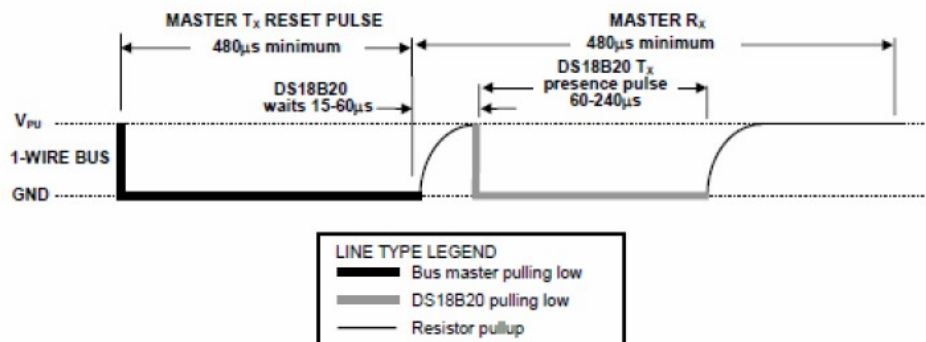
³⁵₁₇ komunikace po sériové sběrnici 1-Wire

³⁵₁₇ spotřeba: 1 mA (800nA v Standby módu)

5.4.2 Sběrnice 1-Wire [9]

Jak již plyne z názvu, tak se jedná o jednovodičovou sběrnici. Sběrnice má jeden řídicí obvod (master) a jeden či více ovládaných zařízení (slave). Všechny obvody jsou paralelně zapojeny na společnou zem a na společný datový vodič, který je přes rezistor připojen k napájecímu napětí a zdvihá sběrnici do log. 1. Komunikaci vždy zahajuje master reset pulsem, tzn. stáhne datový vodič do log. 0 a drží ho na této úrovni minimálně 480 mikrosekund. Poté sběrnici uvolní a naslouchá. Uvolněním dojde k přechodu do log.1. Když jsou na sběrnici přítomny 1-Wire zařízení, tak detekuje tuto vzestupnou hranu a po prodlevě 15 - 60 μs stáhne sběrnici na 60 - 240 μs k log. 0.

INITIALIZATION TIMING



Obr. 5.4: Inicializace 1-wire sběrnice (převzato z [9]).

Data jsou na sběrnici vysílána v tzv. "time slotech" dlouhých 60 až 120 μ s. Mezi jednotlivými sloty musí být minimálně 1 μ s mezera, kdy je sběrnice v klidu.

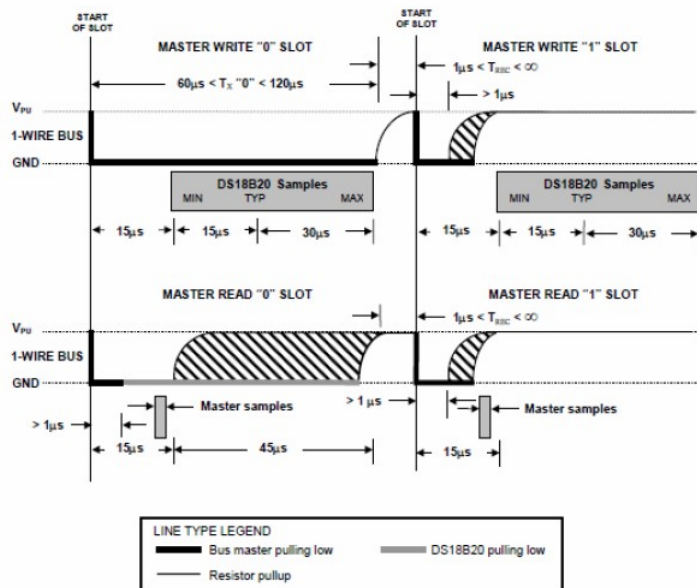
Existují 4 druhy slotů: Zápis 1, Zápis 0, Čtení 1 a Čtení 0. Zápisové sloty slouží k vyslání dat do zařízení.

Při zápisu 1 master stáhne sběrnici k nule minimálně na 1 μ s a nejpozději do 15 μ s od začátku ji opět uvolní a ponechá uvolněnou.

Při Zápisu 0 master stáhne sběrnici k 0 a ponechá ji tak po celý slot.

Sloty pro čtení inicializuje master tím, že stáhne sběrnici k nule na minimálně 1 μ s a opět ji uvolní. Po zahájení může slave zařízení vyslat 1 bit tím, že ponechá sběrnici v klidu (log.1) nebo, že ji stáhne (log.0). Detaily viz. Obr. 5.5.

READ/WRITE TIME SLOT TIMING DIAGRAM



Obr. 5.5: Časový diagram čtení a zápisu 1-wire sběrnice (převzato z [9]).

5.5 Mikrokontrolér

Jako řídicí obvod venkovní jednotky a akčního členu byly zvoleny mikrokontrolery ATmega8 [11]. Pro řídicí jednotku byl zvolen mikrokontroler ATmega16 [10]. V obou případech se jedná o osmibitový RISC mikroprocesor firmy ATMEL. Zvolené mikrokontrolery mají základní vlastnosti stejné, liší se pouze počtem vstupně-výstupních pinů a velikostí paměti FLASH.

Důležité vlastnosti:

³⁵₁₇ 1 kB paměti SRAM

³⁵₁₇ 512 B paměti EEPROM

³⁵₁₇ taktovací frekvence až 16 MHz

³⁵₁₇ široký rozsah napájecího napětí 2,8 až 5,5V

³⁵₁₇ vysokorychlostní sériové rozhraní SPI

³⁵₁₇ plně duplexní USART

³⁵₁₇ spotřeba: 1 mA (1uA v power down módu)

5.6 Modul pro bezdrátový přenos

Pro bezdrátovou komunikaci mezi jednotkami jsou použity moduly RFM12B/868 [12] firmy HOPERF. Tyto moduly pracují v bezlicenčním ISM pásmu a s mikroprocesorem komunikují po sběrnici SPI. Data jsou FSK modulované.



Obr. 5.6: RFM12B/868

Důležité vlastnosti:

³⁵₁₇citlivost -102dBm

³⁵₁₇max. výkon 7dBm

³⁵₁₇dosah až 200m na volném prostoru

³⁵₁₇přenosová rychlost až 115kbps

³⁵₁₇sériové rozhraní SPI

³⁵₁₇spotřeba: 25 mA (0,3μA v power save módu)

5.7 Optotriak

Pro realizaci akčního zásahu je třeba zajistit spínání výkonové zátěže pomocí výstupu z mikroprocesoru. Pro takové spínání je možné použít relé nebo polovodičový spínací prvek. Pro vlastní realizaci byl vybrán optotriak MOC3041[13].

Princip optotriaku je takový, že v pouzdře je IR dioda, kterou ovládá výstup z mikroprocesoru. Dioda spíná integrovaný optotriak, který následně sepne výkonový triak zapojený na výstupu. Ten pak přímo spíná kotel.

5.8 Ethernetový modul

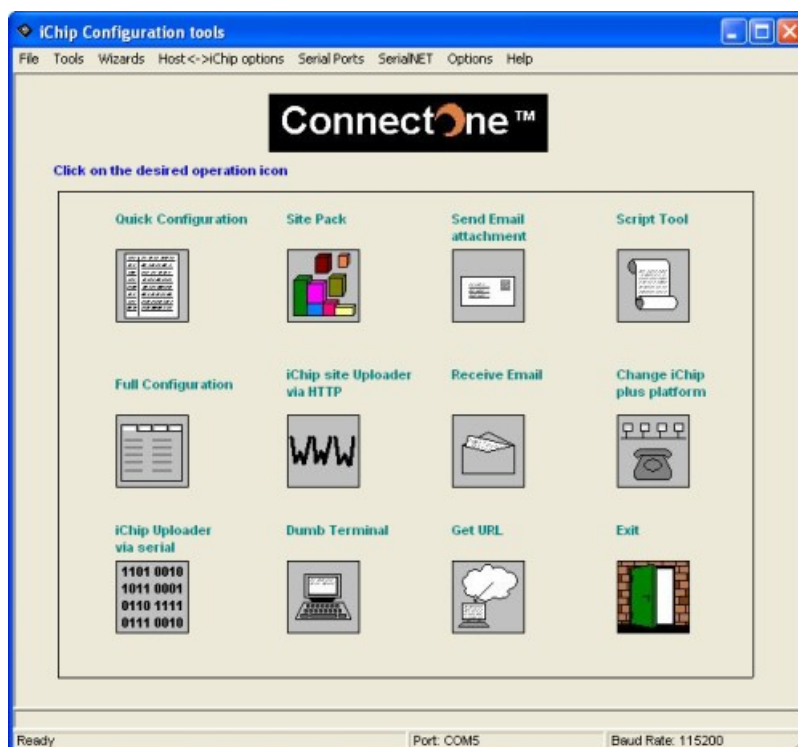
Jako ethernetový modul byl zvolen Nano SocketLAN[14] od firmy Conectone. Jedná se o ethernetový řadič, který je postaven na mikrokontroleru s jádrem ARM7. Modul obsahuje 256kB uživatelské paměti, kam je možné nahrát serverovou aplikaci. Do řadiče však nelze nahrát libovolnou aplikaci, proto je nutné použití externího mikrokontroleru, který bude jádrem systému. Jelikož veškeré náročné úkony spojené s komunikací v síti provádí sám, není potřeba příliš výkonný řídicí mikroprocesor. Komunikace s řadičem může probíhat pomocí rozhraní UART, SPI nebo USB. Řízení je realizováno pomocí AT+i příkazů. Řadič podporuje většinu běžných protokolů a to včetně šifrovaných.



Obr. 5.7: Nano SocketLAN (převzato z [15]).

5.9 Inicializace modulu

Před prvním použitím modulů je potřeba provést základní konfiguraci. To je možné buď po sériové lince za pomoci převodníku rs232/ttl33. Toto je možné pouze v případě, že řídící mikrokontroler není připojen, nebo je nenaprogramovaný, protože by docházelo ke kolizím. Další možností je použít ke konfiguraci USB port. Samotná konfigurace může být provedena přes terminál pomocí AT-i příkazů nebo utilitou od výrobce modulů iChipConfig viz Obr.5.8.



Obr.5.8:iC
(převzato

hipConfig
z [16])

Zde se práce omezí pouze na nabídku Quick Configuration (viz Obr. 5.9), která slouží k základní konfiguraci modulů. V sekci iChip LAN parameters lze nastavit IP adresu zařízení a bránu, a to buď ručně, nebo pomocí DHCP serveru. Další nastavení jsou pro práci

nezajímavá, proto se jimi nebude zabývat. Po skončení nastavení je již pouze potřeba uložit provedené změny, uzavřít konfigurační okno a odpojit modul od PC.

Obr. 5.9: iChipConfig sekce Quick Configuration (převzato z [16])

Další z nepřehledného množství konfiguračních možností zde již nebudou zmíněny, protože všechny další potřebná nastavení budou prováděna řídicím mikrokontrolerem.

5.10 74HCT541

Pro připojení LCD displeje bylo nutné převést napěťové úrovně z logiky 3,3V používané v mikroprocesoru, na logiku 5V používanou displejem. Protože se jedná pouze o komunikaci jedním směrem, byl pro tyto účely zvolen obvod 74HCT541, který realizuje funkci neinvertujícího osmikanálového bufferu s třístavovým výstupem.

6 REALIZACE HARDWARU

Následující text se bude zabývat vlastní realizací zařízení podle návrhu ze čtvrté kapitoly práce. Text bude dělen na tři hlavní části, které se budou zabývat jednotlivými moduly.

6.1 Venkovní jednotka

6.1.1 Schéma zapojení

Schéma zapojení venkovní jednotky (viz Příloha A.1). Popis následuje v části 6.1.2.

6.1.2 Popis schématu

Jádro jednotky tvoří mikroprocesor ATMEGA 8 (více viz kapitola 5.5), ke kterému jsou připojeny vstupní a výstupní obvody. Zapojení samotného mikroprocesoru vychází z doporučení v katalogovém listu[7]. Na port B je připojen konektor pro sériové programování ISP, bezdrátový modul RFM12B(více viz 5.6) a indikační led dioda. Na port D je připojeno teplotní čidlo DS18B20 a externí přerušení od modulu RFM12B. Jednotka je napájena tužkovými bateriemi. Napájecí napětí je následně stabilizováno na 3,3V.

6.2 Řídící jednotka

6.2.1 Schéma zapojení

Schéma zapojení řídicí jednotky (viz Příloha A.2). Popis následuje v části 6.2.2.

6.2.2 Popis schématu

Jádro jednotky tvoří mikroprocesor ATMEGA 16, ke kterému jsou připojeny vstupní a výstupní obvody. Zapojení samotného mikroprocesoru vychází z doporučení v katalogovém listu. Na port A je připojena klávesnice. Na port B je připojen konektor pro sériové programování ISP, bezdrátový modul RFM12B a indikační led dioda. Na port A je připojena klávesnice. Na portu C je připojen LCD displej s čtyřbitovou komunikací. Jelikož je modul napájen 3,3V, ale LCD vyžaduje logiku 5V, bylo nutné převést signály na správnou napěťovou úroveň. K tomuto účelu byl zvolen obvod 74HCT541(viz. kapitola 5.9). Na portu D je připojeno teplotní čidlo DS18B20, převodník NanoSocketLan je připojen na piny RXD a TXD jednotky USART mikroprocesoru. Z ethernetového modulu jsou dále vyvedeny datové signály USB na konektor, které slouží k prvotní inicializaci modulu. Jednotka je napájena externím zdrojem a napětí je dále stabilizováno na 3,3V pro napájení modulu a na 5V pro displej.

6.3 Spínací jednotka

6.3.1 Schéma zapojení

Schéma zapojení řídicí jednotky (viz Příloha A.3). Popis následuje v části 6.3.2.

6.3.2 Popis schématu

Jádro jednotky tvoří mikroprocesor ATMEGA 8, ke kterému jsou připojeny vstupní a výstupní obvody. Zapojení samotného mikroprocesoru vychází z doporučení v katalogovém listu. Na port B je připojen konektor pro sériové programování ISP, bezdrátový modul RFM12B a indikační led dioda. Na port C je připojen optotriak MOC3041, jehož zapojení bylo převzato z katalogového listu. Modul je napájen externím zdrojem a napětí je dále stabilizováno na 3,3V.

6.4 Návrh Desek plošných spojů

Pro návrh desek plošných spojů byl využit návrhový systém Eagle. Návrhy DPS jednotlivých modulů a osazovací výkresy jsou uvedeny v příloze B.

7 REALIZACE SOFTWARE

7.1 Venkovní jednotka

Tento modul realizuje měření venkovní teploty a její následné odeslání do hlavní jednotky. Jelikož se jedná o bateriově napájené zařízení, modul tráví většinu času v neaktivním režimu tzv. sleepmodu.

V první části kódu hlavního souboru jsou hlavičkové soubory. Kromě standardních knihoven je zde definována také "rfm12.h", která realizuje obousměrnou komunikaci modulů RFM12B. Knihovna byla převzata z [13]. Dále byla využita knihovna "lwire.h", která realizuje komunikaci po 1 wire sběrnici, převzata z [14] a mírně upraveno.

```
#include <avr/io.h>
#include <stdio.h>
#include <util/delay.h>
#include "rfm12.h"
#include <string.h>
#include <avr/sleep.h>
#include "lwire.h"

#define LED_OFF() PORTB &= ~(1<<1)
#define LED_ON() PORTB |= (1<<1)
#define F_OSC 4000000
```

V následující části je podprogram pro inicializaci powersave modu. V Atmega8 je dostupných 5 úsporných modů. Z nich byl vybrán Power-save Mode. V tomto modu jsou zastaveny všechny vnitřní hodiny. Ukončení tohoto režimu může nastat při přerušení od čítače 2, když je nastaven na externí zdroj hodinového signálu. Čítač je uzpůsoben pro použití krystalu 32,768 kHz. Protože je čítač osmibitový, bude s využitím předděličky 1024 a hodinové frekvence 32,768 kHz docházet k probuzení jednou za 8s.

```
void powersaveinit(void) {
    ASSR |= (1<<AS2);
    TCCR2 = (1<<CS22) | (1<<CS21) | (1<<CS20);
    TCNT2 = 0;
    TIFR |= (1<<TOV2);
    TIMSK |= (1<<TOIE2);
    time=0;
    set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_SAVE);
    sei();
}
```

V hlavní funkci nejprve dojde k definici proměnných, k inicializaci čidla pro měření teploty, transcievru. Následně dojde k zacyklení v nekonečné smyčce, kde se kontroluje, zda byla přijata platná data. Na základě přijatých dat poté dochází k případnému spínání či rozpínání zátěže.

```
uint8_t *bufptr;
uint8_t i;
uint8_t tv[] ;
int temperature;

OWInit();
powersaveinit ();
_delay_ms(100);
rfm12_init();
_delay_ms(500);
sleepInit();
```

Dokud nedojde ke splnění podmínky, nekonečná smyčka pouze inkrementuje proměnou pro čas a uspí procesor. Když jednou za třicet minuty dojde ke splnění podmínky, provede se měření teploty a její odeslání do hlavní jednotky. Odeslání dat je signalizováno rozsvícením led diody. Poté dojde k vynulování časovací proměnné a procesor se při následném průběhu smyčky se opět uspí.

```
while(1)
{
    if(time==155)

        {OWConvertAll();
        OWReadTemperature(&temperature);
        itoa(temperature, tv, 10);

        LED_ON() ;
        rfm12_tx (sizeof(tv), 0, tv);
        rfm12_tick();
        LED_OFF();
        time=0;
        }
    else{
        time++;
        sleep_mode();
    }
```

7.2 Hlavní jednotka

Tento modul realizuje vlastní termostat. Jeho funkcemi jsou příjem dat z venkovní jednotky, měření vnitřní teploty, porovnání naměřených hodnot s nastavenou teplotou a vyhodnocení nutnosti akčního zásahu. Aby bylo dosaženo co nejlepší pohody prostředí, termostat na základě údajů z venkovního čidla mění hysterezi, a to tak, že čím je venku větší zima, tím menší je nastavená hystereze.

V první části kódu hlavní jednotky jsou hlavičkové soubory a definice maker. Kromě standardních knihoven je zde definována také "rfm12.h", která realizuje obousměrnou komunikaci modulů RFM12B. Knihovna byla převzata z [18]. Jako další nestandardní knihovna byla použita "lcd_h.h" (převzata z [20] a následně upravena), která slouží pro komunikaci s LCD displejem. Další hlavička "global.h" je použita pro slinkování s dalšími částmi kódu, které byly kvůli přehlednosti realizovány v nezávislých souborech. Poslední bude zmíněna "1wire.h" (převzata z [19] a mírně upravena), která realizuje komunikaci po 1 wire sběrnici.

```
#include <avr/io.h>
#include <stdio.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <util/delay.h>
#include "rfm12.h"
#include "lcd_h.h"
#include "1wire.h"
#include "global.h"

#define F_CPU 8000000UL
#define LED_OFF() PORTB &= ~(1<<1)
#define LED_ON() PORTB |= (1<<1)
```

V hlavní funkci nejprve dojde k definici proměnných k inicializaci čidla pro měření teploty, transceivru, k inicializaci LCD a inicializaci serveru.

```
int main (void){
uint8_t *bufptr;
uint8_t i;
uint8_t tv[] ;
int temperature;
unsigned int tset=3000;
int tout;
int tset;
char stav;
int hyst;

OWInit();
lcd_init();
lcd_clrscr();
```

```

server_hw_init();
_delay_ms(3000);
server_sw_init();
_delay_ms(100);
rfm12_init();

```

Nekonečná smyčka realizuje měření vnitřní teploty, testování tlačítek, příjem a vysílání dat přes RFM12B, komunikaci se serverem a zobrazování na LCD.

```

while(1) {

    if (rfm12_rx_status() == STATUS_COMPLETE){
        bufptr = rfm12_rx_buffer();
        tout=atoi(bufptr);
        lcd_gotoxy(8,0);
        lcd_puts("Tout:");
        lcd_putc(bufptr[0]);
        lcd_putc(bufptr[1]);
        lcd_putc(".");
        lcd_putc(bufptr[2]);
        lcd_putc(bufptr[3]);
    }

    rfm12_rx_clear();

}

if ( ~PINA & (1<<0)){
    if (tset<3000) {tset=tset+10 ;
    }
}

if ( ~PINA & (1<<1)) {
    if (tset<3000) {tset=tset-10 ;
    }
}

OWConvertAll();
OWReadTemperature(&temperature);

if ( temperature < (tset-hyst)){

    LED_ON();
    tv="S";

    rfm12_tx (sizeof(tv), 0, tv);
    LED_OFF();
    lcd_gotoxy(8,1);
    lcd_puts("SEP");
    stav="SEPNUITO";

}

if ( temperature > (tset+hyst)){

```

```

        LED_ON();
        tv="R";
        rfml2_tx (sizeof(tv), 0, tv);
        LED_OFF();
        lcd_gotoxy(8,1);
        lcd_puts("ROZ");
        stav="ROZEPNUTO";
    }
    rfml2_tick();

    if (tout< 0 ) { hyst=200;}
    if (tout > 500) { hyst=500;}
    zobraz_ti(temperature);
    zobraz_ts(tset);
    if(tmrlok) {
        server_refresh();
        tmrlok = 0;
    }
    if(RxBuffrOK) server_decode();
}
}

```

Následující kód provádí komunikaci se serverem. Použitý kód vychází z demonstračního projektu PWLAN [18]. Změna proměných je prováděna pomocí konstrukce switch . Jednotlivé proměnné jsou zastoupeny casey, které jsou cyklicky vykonávány.

```

switch (SrvTmRef) {
    case 0:
        text_to_txbuffer("ti=");
        sprintf(ti, "%i", temperature);
        text_to_txbuffer(ti);
        SrvTmRef++;
        break;

```

7.3 Spínací jednotka

Tento modul realizuje pouze příjem dat z hlavní jednotky, na jejichž základě pak spíná připojenou zátěž.

V první části kódu hlavního souboru jsou hlavičkové soubory a definice maker. Kromě standardních knihoven je zde definována také "rfm12.h", která realizuje obousměrnou komunikaci modulů RFM12B. Knihovna byla převzata z [18] a modifikovaná pro použití na mikrokontroleru ATmega8.

```
#include <avr/io.h>
#include <stdio.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <util/delay.h>
#include "rfm12.h"

#define F_CPU 8000000UL
#define VYP() PORTC &= ~(1<<0)
#define ZAP() PORTC |= (1<<0)
```

V hlavní funkci nejprve dojde k definici proměnných k inicializaci transceivru a nastavení adresy zařízení. Následně dojde k zacyklení v nekonečné smyčce, kde se kontroluje, zda byla přijata platná data. Na základě přijatých dat poté dochází k případnému spínání či rozpínání zátěže.

```
int main (void){
    uint8_t *bufptr;
    uint8_t i;
    uint8_t tv[] = "foobar";

    _delay_ms(100);
    rfm12_init();

    while(1){

        if (rfm12_rx_status() == STATUS_COMPLETE)
        {
            bufptr = rfm12_rx_buffer();
            rfm12_rx_clear();

            if(Receiv_int == 1){

                if (bufptr [1]== "S"    && sepnuto==0)    {
                    ZAP();
                    sepnuto=1;
                }
                if (bufptr [1]== "R"    && sepnuto==1)    {
                    VYP();
                    sepnuto=0;
                }
            }
        }
    }
}
```

8 REALIZACE PŘIPOJENÍ K INTERNETU

8.1 Web server

Web server lze napsat v jakémkoli HTML editoru, popř. ručně. Také lze využít skripty v javascriptu, kterými lze provádět složitější operace. Pro uložení serveru je k dispozici 256kB paměti.

Uživatelský web server může obsahovat mimo jiné také prvky:

- ³⁵₁₇HTML stránky
- ³⁵₁₇linky na externí stránky
- ³⁵₁₇obrázky
- ³⁵₁₇grafiku
- ³⁵₁₇Java applety
- ³⁵₁₇WAP stránky

Uživatelský web server má jednu unikátní vlastnost a tou je definice vlastních parametrů, kterými je možné rozšířit standardní sadu AT příkazů. Parametrem může být jakýkoli ASCII text s maximální délkou 256 znaků. To platí pouze, pokud není nový parametr součástí standardní sady příkazů. Ve web serveru jsou tyto parametry volány pomocí jména parametru mezi vlnovkami.

Příklad:

zadání parametru:

AT+i<parametr>=<hodnota>

dotaz na parametr:

AT+i<parametr>?

Jméno parametru je teplota, proto bude jeho reference ve web serveru ~teplota~. Když vyšleme příkaz AT+iteplota=25°C do serveru, dojde k nastavení hodnoty parametru teplota na 25°C. Bude-li v kódu serveru umístěna značka ~teplota~, server tuto značku zamění za 25°C.

Kromě uživatelského serveru obsahují moduly také druhý web server, který slouží ke konfiguraci. Ten je v modulu již z výroby a není možné jej měnit.

Adresa uživatelského web serveru je „http://<IP adresa modulu>“ a adresa konfiguračního web serveru je „http://<IP adresa modulu>/ichip“.

8.2 Webové rozhraní

Webové rozhraní pro monitorování a správu digitálního prostorového termostatu je realizováno pomocí jazyka HTML doplněného o formátování pomocí kaskádových stylů neboli CSS. Stránky byly navrženy s důrazem na přehlednost.

Kód stránky začíná hlavičkami, které definují typ dokumentu, jazykovou sadu, znakovou sadu, automatické obnovení stránky, zákaz cacheování a titulek stránky.

```
<html>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" lang="cs" xml:lang="cs">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html;
charset=windows-1250">
<meta http-equiv="Content-Language" content="cs" />
<meta http-equiv="pragma" content="no-cache">
<meta http-equiv="refresh" content="30">
<title>TERMOSTAT-vzdálená zpráva</title>
```

V následující části kódu je zobrazen CSS pro záhlaví stránky. Kód nastavuje výšku, šířku záhlaví, zarovnání textu, velikost písmen atd..

```
<style type="text/css">
body {
margin:0px;
background-color:#fff;
font-size : 0.7em;
font-family:"Arial CE", Arial, sans-serif;
}

#zahlavi {
width:100%;
height: 50px;
padding: 15px 0 0;
text-align:center;
font-size:3em;
color: #000e70;
}
```

Po hlavičce následuje tělo stránky, které popisuje rozložení a vlastnosti jednotlivých prvků stránek. V následujících odstavcích budou popsány vybrané významné pasáže zdrojového kódu.

Příklad kódu pro zobrazení proměnné „vnitřní teplota“. V prvním řádku je textový popis proměnné. V druhém řádku je proměnná uvozená vlnovkami ~ti~. Server tuto proměnnou nahradí její hodnotou, tedy ve webovém prohlížeči bude zobrazeno například číslo 23.1°C.

```
<td align="left"><strong>Vnitřní teplota:</strong></td>
<td align="left">~ti~</td>
```

Na Obr.8.1 je výřez zachyceného webového rozhraní bez aktivního termostatu a na Obr.8.2 je totéž, ale s připojeným termostatem.

Vnitřní teplota: ~ti~ °C **Venkovní teplota:** ~to~ °C

Obr.8.1: Výřez zachyceného webového rozhraní bez připojeného termostatu.

Vnitřní teplota: 23.06 °C **Venkovní teplota:** 16.92 °C

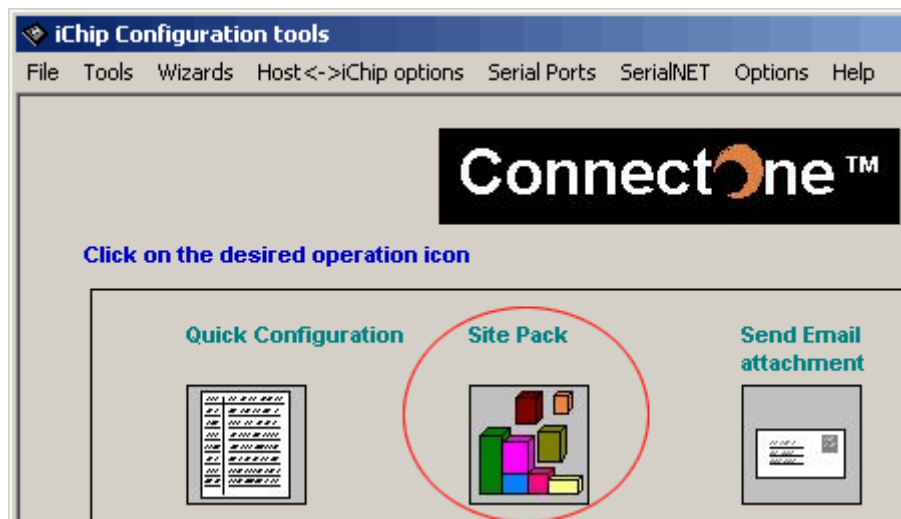
Obr.8.2: Výřez zachyceného webového rozhraní s připojeným termostatem.

Následující kód zajišťuje předání uživatelem nastavitelného parametru, v tomto případě spínací teploty, do serveru, respektive termostatu.

```
<td align="left"><strong>Nastavení spínací teploty:</strong></td>
<td align="left"><form method="get" action="">
<input type="text" name="ts" placeholder="formát teploty:2150">
<input type="submit" size="8" value="Zadat teplotu">
```

8.3 Příprava web serveru pro nahrání do modulu

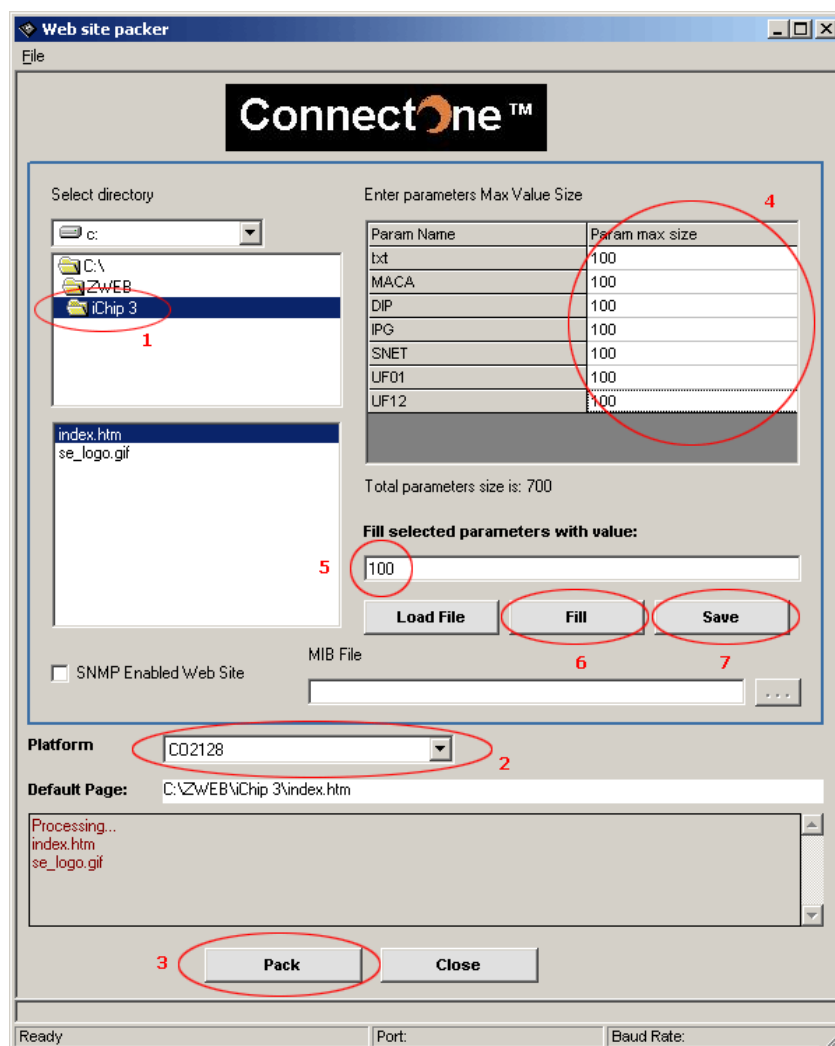
Pro provozování stránek v modulech od firmy ConnectOne je nutné převést soubory s kódem serveru na image soubor srozumitelný pro modul. Toto je nutné provést v programu iChipConfig pod odkazem Site Pack (viz Obr.8.1 zvýraznění kruhem).



Obr.8.3: Výřez okna iChipConfig (převzato z [21])

V sekci Web site packer se poté nastaví všechny potřebné atributy (viz Obr.8.2). Níže uvedené a vysvětlené jednotlivé podstatné parametry jsou v obrázku vyznačeny čísly.

1. Zde je potřeba zvolit adresář s kódem webserveru.
2. Zde je třeba zvolit platformu, na které je postaven konkrétní modul. V případě Nano societlan se jedná o CO2128.
3. Stisk tlačítka Pack.
4. V těchto řádcích se definuje maximální velikost každé proměnné, lze označit i více řádků najednou.
5. Nastavení velikosti vybraných proměnných se poté provede vyplněním hodnoty.
6. Stisknout Fill.
7. Stisknutím tlačítka Save program vygeneruje webserver a nabídne jeho uložení jako soubor ve formátu *.img,

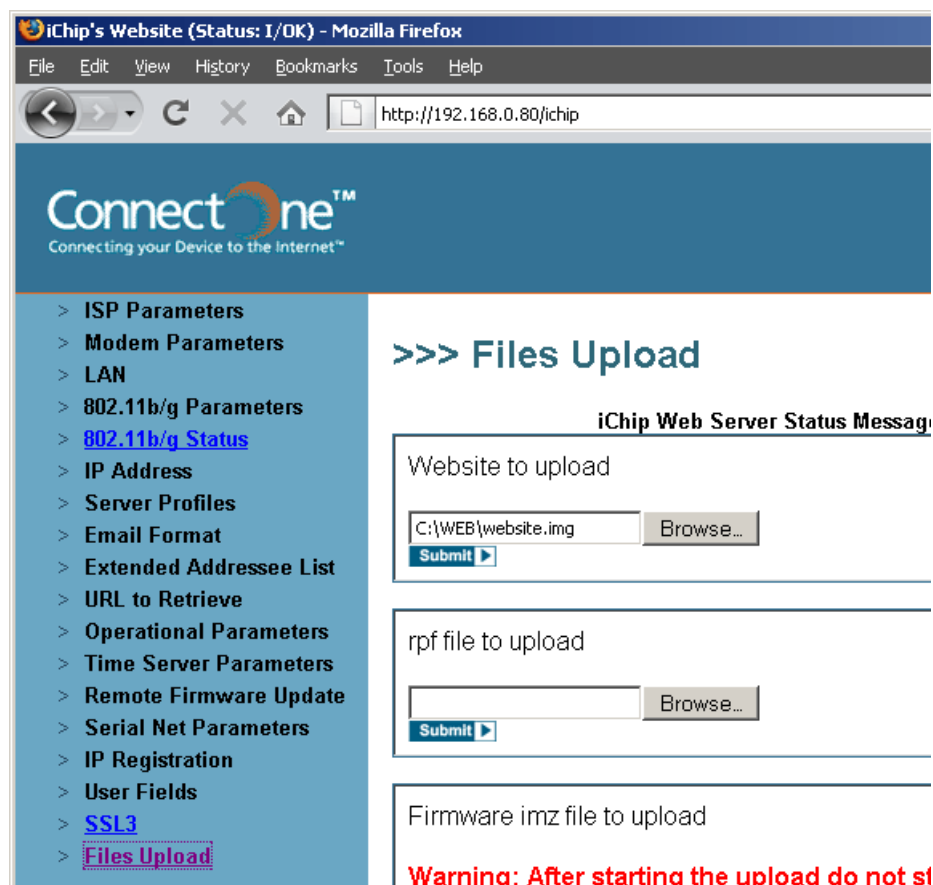


Obr.8.4: Okno Web site packer (převzato z [21])

8.4 Nahrání web serveru do modulu

Pro nahrání vygenerovaného serveru do modulu je nejdříve nutno povolit webservery v modulu. To lze provést odesláním příkazu AT+www po sériové lince. Poté se lze pomocí síťového rozhraní připojit na konfigurační server na adrese `http://<IP adresa modulu>/uchop`.

Zde je potřeba následovat link Files Upload. V části Website to upload se tlačítkem Browse vybere soubor web serveru a stiskem Submit se soubor nahraje do modulu a lze jej okamžitě začít používat (viz Obr.8.2).



Obr.8.5: Výřez okna konfiguračního web serveru (převzato z [21])

8.5 Obejití NATu

V dnešní době většina malých sítí používá nějakou variantu překladu IP adres. Jedním z nejčastějších typů je NAT (viz Kapitola 4.4.3). Překlad adres většinou nepřináší problémy, když uživatel prostřednictvím NATu přistupuje na server. Když je však situace opačná, tedy, že server se nachází za NATem, problémy vznikají. K řešení tohoto problému lze využít různé metody, z nichž ovšem většina vyžaduje server s veřejnou adresou, který slouží k navázání spojení mezi opravdovými účastníky.

V této práci je popsán postup, který nevyžaduje další server, ale pouze přístup k hraničnímu směrovači malé sítě, ve které se nachází server. Tato technika se nazývá Port forwarding neboli Přesměrování portů.

Port forwarding se aplikuje na zařízení vykonávající NAT a spočívá v nastavení hraničního směrovače tak, aby při příchozí komunikaci na definované porty se komunikace přesměrovala na určené zařízení. Tyto definované porty jsou však zneprístupněny pro ostatní uživatele, což však při vhodně zvolených portech nikoho neomezí.

9 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo prostudovat funkce na trhu dostupných digitálních prostorových termostatů a na základě zjištěných skutečností navrhnout vlastní termostat. První část práce se zabývá teorií regulace topných soustav, včetně různých způsobů měření teploty a základních způsobů regulace. V Následující části je podrobně rozebrána teorie digitálních prostorových termostatů. Dále je v práci popsána teorie síťového provozu a internetu. Další část práce se zabývá ideovým návrhem vlastní digitálního prostorového termostatu. Pro tuto práci byla zvolena bezdrátová koncepce doplněná o vazbu na venkovní teplotu a vzdálenou správu přes internet. Jako řídicí obvody byly zvoleny mikrokontrolery společnosti Atmel a to konkrétně modely ATMEGA 16 a ATMEGA 8. Jako teplotní snímače byly zvoleny čidla DS18B20, které mají dobrou přesnost v požadovaném teplotním rozsahu a komunikují po sběrnici 1-Wire. Pro spínání zátěže nebylo vybráno standartně používané relé, ale optotriak MOC3041. Bezdrátová komunikace je realizována moduly RFM12B/868 firmy HOPErf. Pro komunikaci po internetu byl zvolen obvod Nano SocketLAN. V následující části je detailně popsána realizace hardwaru termostatu, následovaná částí věnující se softwarové výbavě. Další část se zabývá vlastním připojením termostatu do sítě internet. Zde je detailně popsáno webové rozhraní, a práce s hostujícím serverem realizovaným moduly Nano socketLan. Zhotovený termostat byl provozován v testovacím režimu na ploše bytu, s rozmístěním jednotek v různých místnostech. Takto byla testována komunikace, která probíhala bezchybně. Vzhledem k nevhodně zvolenému mikrokontroleru hlavní jednotky, nedostatečné velikosti paměti programu a nesystémové realizaci softwaru, byl realizována pouze základní funkcionalita termostatu, tedy spínání zařízení na základě teplot. Tomu také odpovídá co do funkčnosti minimalistické webové rozhraní.

LITERATURA

- [1] KREIDL, M.: Měření teploty. Senzory a měřicí obvody. Praha, BEN – Technická literatura 2005. 240 s. ISBN 80-7300-145-4
- [2] Kadlec K.: Kmínek M. *Měřicí a řídicí technika*, skriptum VŠCHT Praha: 2000 [online]. [cit. 19. 3. 2011]. Dostupné na www: <<http://uprt.vscht.cz/ucebnice/mrt/>>
- [3] BAŠTA, J., Možnosti moderních způsobů regulace, Praha:2007 [online]. [cit. 19. 3. 2011]. Dostupné na www:<<http://www.tzb-info.cz/4360-moznosti-modernich-zpusobu-regulace>>
- [4] MATZ,V., Ekvitermní regulace – princip a využití v systémech regulace vytápění Praha:2010 [online]. [cit. 19. 3. 2011]. Dostupné na www:<<http://vytapieni.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6294-ekvitermní-regulace-princip-a-vyuziti-v-systezech-regulace-vytapieni>>
- [5] MATZ,V., Mechanické a digitální prostorové termostaty, možnosti úspor při vytápění domů Praha:2009 [online]. [cit. 19. 3. 2011]. Dostupné na www: <<http://vytapieni.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6092-mechanicke-a-digitalni-prostorove-termostaty-moznosti-uspor-pri-vytapieni-domu>>
- [6] LEARN NETWORKING, how the aplication layer work [online]. [cit. 19. 3. 2013]. Dostupné na www: < <http://learn-networking.com/tcp-ip/how-the-application-layer-works>>
- [7] PUŽMANOVÁ, Rita. *Moderní komunikační sítě od A do Z*. Brno: Computer Press a.s.,2006. 432 s. ISBN 80-251-1278-0.
- [8] PUŽMANOVÁ, Rita. *TCP/IP v kostce. 1. Vyd.* České Budějovice: Kopp, 2004. 607 s. ISBN 80-7232-236-2.
- [9] MAXIM, DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer [online]. [cit. 19. 3. 2011]. Dostupné na www:< <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18B20.pdf>>
- [10] ATMEL, ATmega16 [online]. [cit. 19. 3. 2011]. Dostupné na www:< <http://www.atmel.com/atmel/acrobat/doc2466.pdf>>
- [11] ATMEL, ATmega8 [online]. [cit. 19. 3. 2011]. Dostupné na www:< <http://www.atmel.com/atmel/acrobat/doc2486.pdf>>
- [12] HOPE RF, UNIVERSAL ISM BAND FSK TRANSCEIVER MODULE RFM12B [online]. [cit.19. 3. 2011].Dostupné na www<<http://www.hoperf.com/upfile/RFM12B.pdf>>
- [13] FAIRCHILD SEMICONDUCTOR, 6-PIN DIP ZERO-CROSS OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT [online]. [cit. 19. 3. 2011]. Dostupné na www:< <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/MOC3041-M.pdf>>
- [14] CONECTONE, Nano SocketLAN [online]. [cit. 19. 3. 2011]. Dostupné na www:< http://www.connectone.com/media/upload/Nano_Socket_LAN_DS.pdf>
- [15] SPEZIAL.CZ, Miniaturní Ethernet moduly Nano LANReach™ a Nano SocketLAN™ [online].[cit. 19. 3. 2011]. Dostupné na www:< <http://www.spezial.cz/connectone/connectone-nano-lanreach-uart-usb-spi-ethernet-modul.html>>
- [16] PANDATRON, PWLAN - hardware [online].[cit. 19. 3. 2011]. Dostupné na www:< http://pandatron.cz/?1125&pwlan_-_hardware>

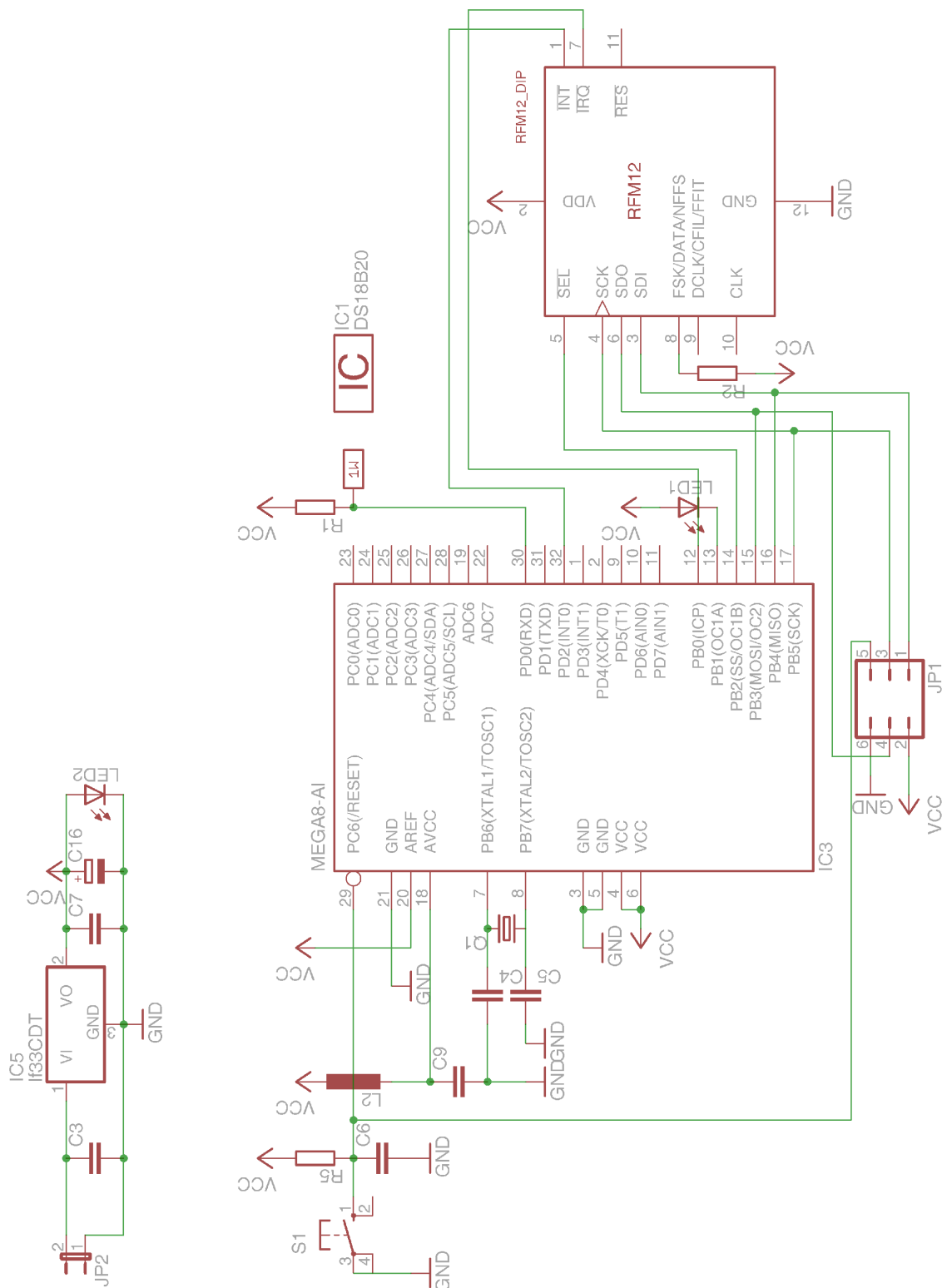
- [17] MOTOROLA, 74HC541 Octal Tri-state Non-Inverting Buffer [online]. [cit. 1. 10. 2011]. Dostupné na [www:< http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/motorola/74HC541.pdf>](http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/motorola/74HC541.pdf)
- [18] FUHRMANN, P., Komunikace modulů RFM12B/868D [online]. [cit. 1. 10. 2011]. Dostupné na [www:< https://www.das-labor.org/storage/LaborLib/rfm12>](https://www.das-labor.org/storage/LaborLib/rfm12)
- [19] POVALAČ, A., *Obsluha 1-wire sbednic*. [online]. [cit. 1. 10. 2011]. Dostupné na [www:<https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=27111>](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=27111)
- [20] FRÝZA, T., *Knihovna LCD*. [online]. [cit. 1. 10. 2011]. Dostupné na [www:< http://www.urel.feec.vutbr.cz/~fryza/downloads/lcd_knihovna.zip>](http://www.urel.feec.vutbr.cz/~fryza/downloads/lcd_knihovna.zip)
- [21] PANDATRON, Pwlan [online]. [cit. 1. 3. 2012]. Dostupné na [www:< http://pandatron.cz/?1181&pwlan_-_i/o>](http://pandatron.cz/?1181&pwlan_-_i/o)
- [22] SPEZIAL, Díl 1.: Vytvoření web serveru ve WiFi modulech Mini/Secure Socket a WiFi/LAN modulech řady Nano [online]. [cit. 1. 10. 2011]. Dostupné na [www:< http://www.spezial.cz/apps/vytvoreni-web-serveru-ve-wi-fi-modulu-mini-socket-iwifi.html>](http://www.spezial.cz/apps/vytvoreni-web-serveru-ve-wi-fi-modulu-mini-socket-iwifi.html)
- [23] Ssh-tunneling-za-natem [online]. [cit. 1. 3. 2012]. Dostupné na [www:< http://www.abclinuxu.cz/blog/vsichni_mame_radi_brozkwe/2006/2/ssh-tunneling-za-natem >](http://www.abclinuxu.cz/blog/vsichni_mame_radi_brozkwe/2006/2/ssh-tunneling-za-natem)

SEZNAM PŘÍLOH

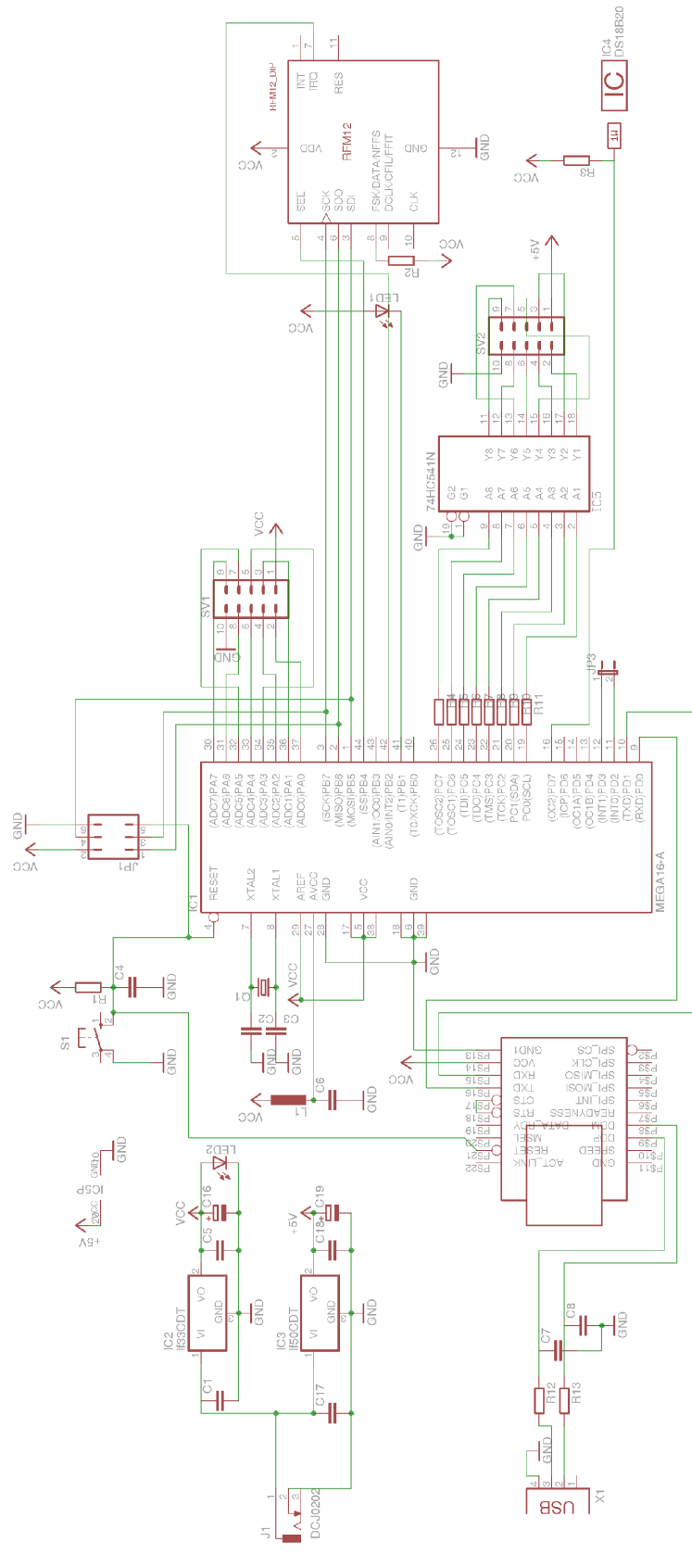
<u>ASchéma zapojení</u>	<u>40</u>
<u>A.1 Venkovní jednotka.....</u>	<u>40</u>
<u>A.2 Hlavní jednotka.....</u>	<u>41</u>
<u>A.3 Spínací jednotka.....</u>	<u>42</u>
<u>BNávrh zařízení</u>	<u>43</u>
<u>B.1 Deska plošných spojů venkovní jednotky.....</u>	<u>43</u>
<u>B.2 Deska plošných spojů hlavní jednotky.....</u>	<u>43</u>
<u>B.3 Deska plošných spojů spínací jednotky.....</u>	<u>44</u>
<u>B.4 Deska plošných spojů modulu RFM12B pro hlavní jednotku.....</u>	<u>44</u>
<u>B.5 Deska plošných spojů modulu RFM12B pro vedlejší jednotky.....</u>	<u>45</u>
<u>B.6 Osazovací výkres venkovní jednotky strana TOP</u>	<u>46</u>
<u>B.7 Osazovací výkres venkovní jednotky strana BOTTOM.....</u>	<u>46</u>
<u>B.8 Osazovací výkres hlavní jednotky strana TOP.....</u>	<u>47</u>
<u>B.9 Osazovací výkres hlavní jednotky strana BOTTOM.....</u>	<u>47</u>
<u>B.10 Osazovací výkres spínací jednotky strana TOP.....</u>	<u>48</u>
<u>B.11 Osazovací výkres spínací jednotky strana BOTTOM.....</u>	<u>48</u>
<u>B.12 Osazovací výkres modulu RFM12B pro hlavní jednotku strana TOP.....</u>	<u>49</u>
<u>B.13 Osazovací výkres modulu RFM12B pro hlavní jednotku strana BOTTOM.....</u>	<u>49</u>
<u>B.14 Osazovací výkres modulu RFM12B pro vedlejší jednotky strana TOP.....</u>	<u>50</u>
<u>B.15 Osazovací výkres modulu RFM12B pro vedlejší jednotky strana BOTTOM.....</u>	<u>50</u>
<u>CFotodokumentace</u>	<u>51</u>
<u>C.1 Venkovní jednotka.....</u>	<u>51</u>
<u>C.2 Hlavní jednotka.....</u>	<u>52</u>
<u>C.3 Spínací jednotka.....</u>	<u>53</u>

A SCHÉMA ZAPOJENÍ

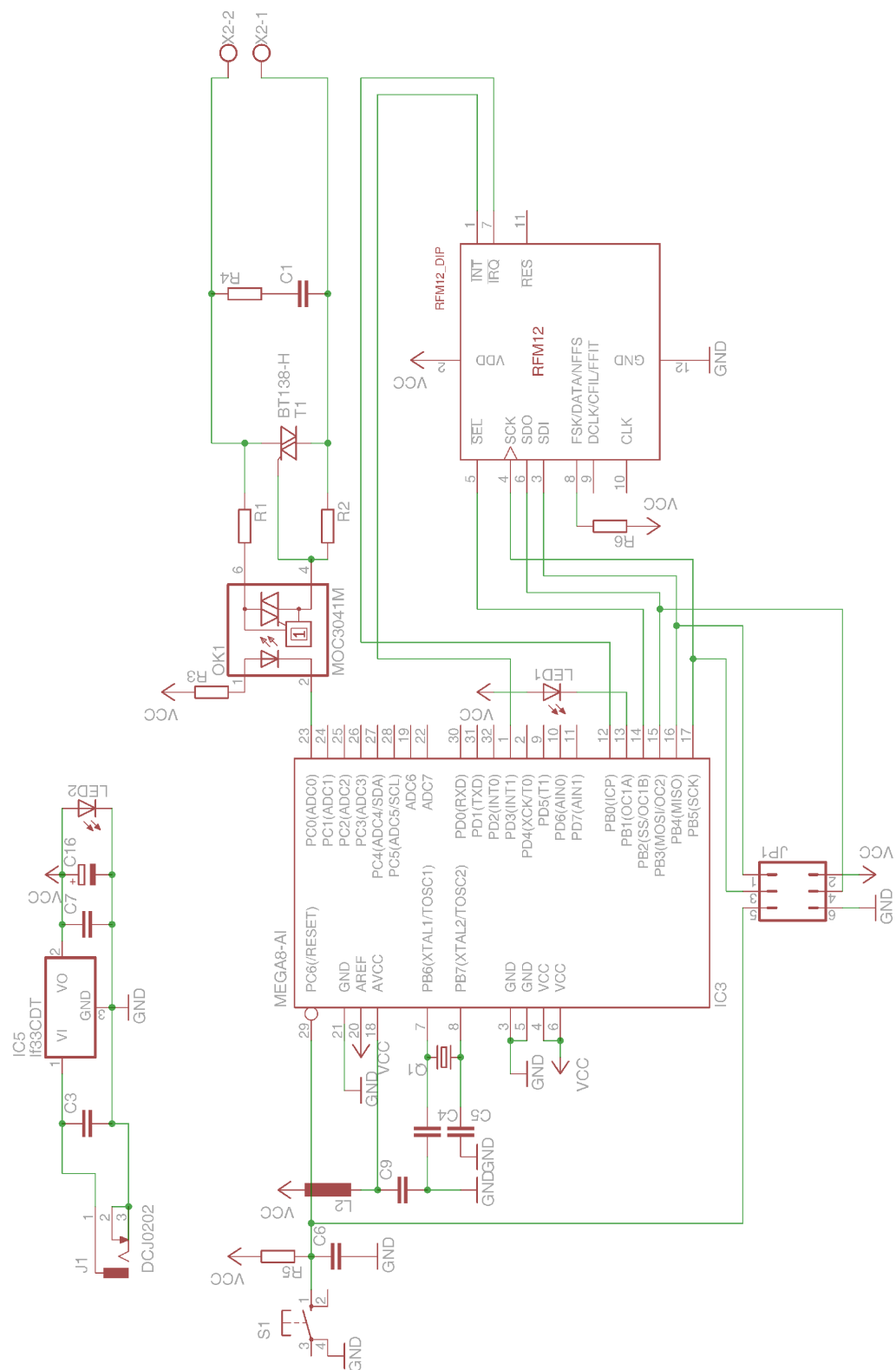
A.1 Venkovní jednotka



A.2 Hlavní jednotka

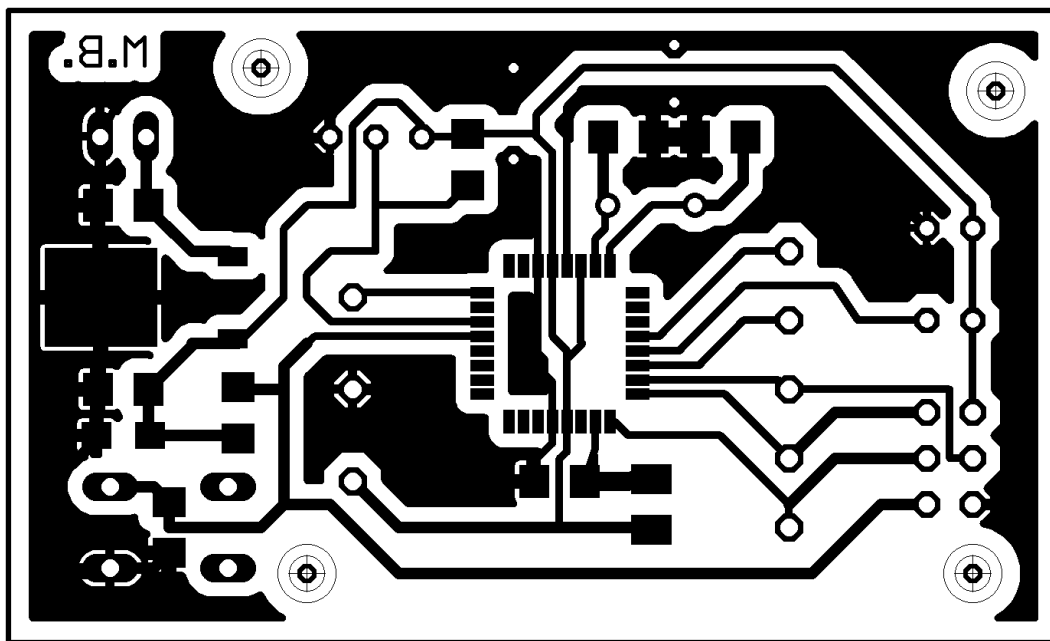


A.3 Spínací jednotka



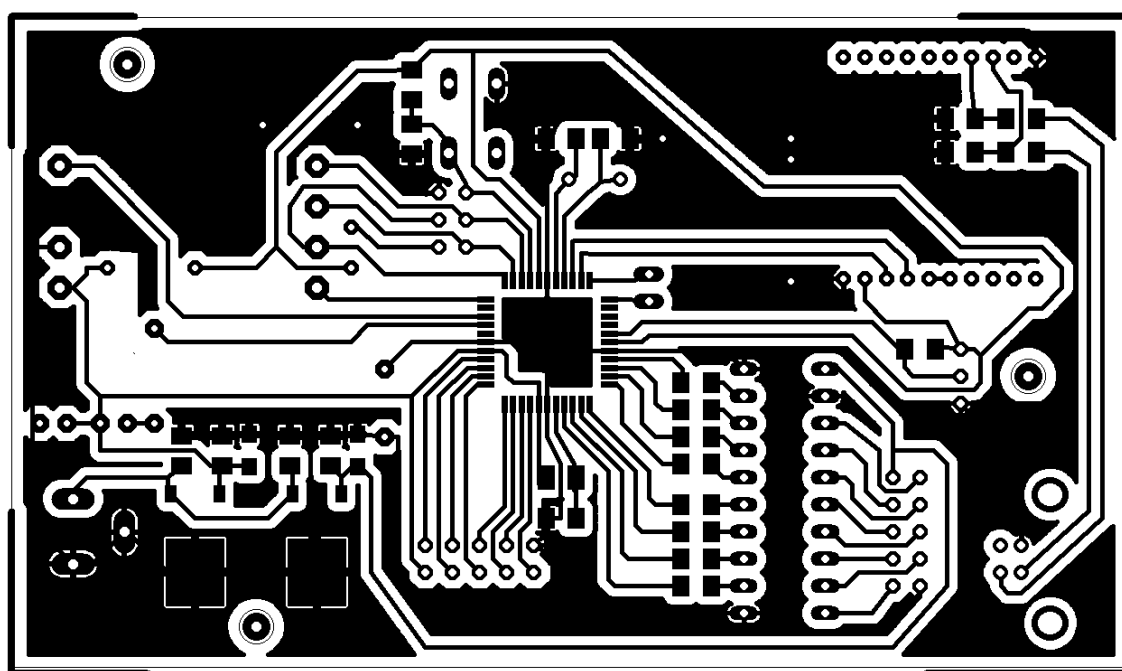
B NÁVRH ZAŘÍZENÍ

B.1 Deska plošných spojů venkovní jednotky



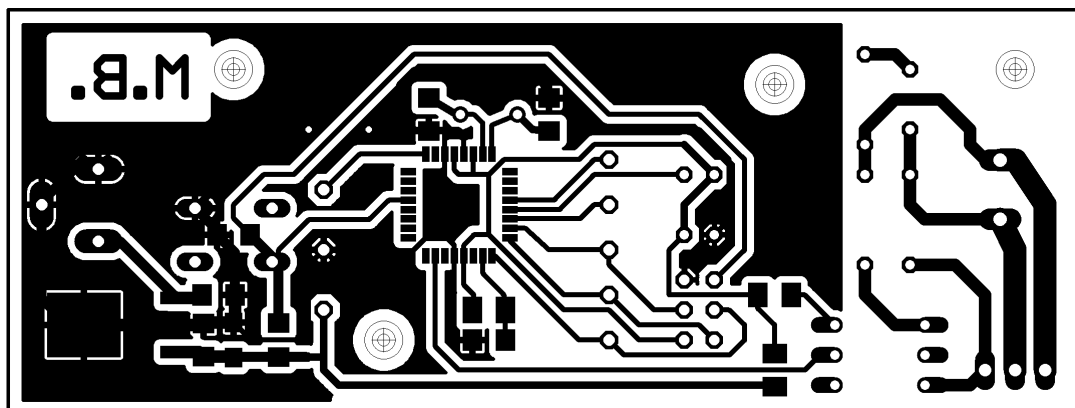
Rozměr desky 36 x 58 [mm]

B.2 Deska plošných spojů hlavní jednotky



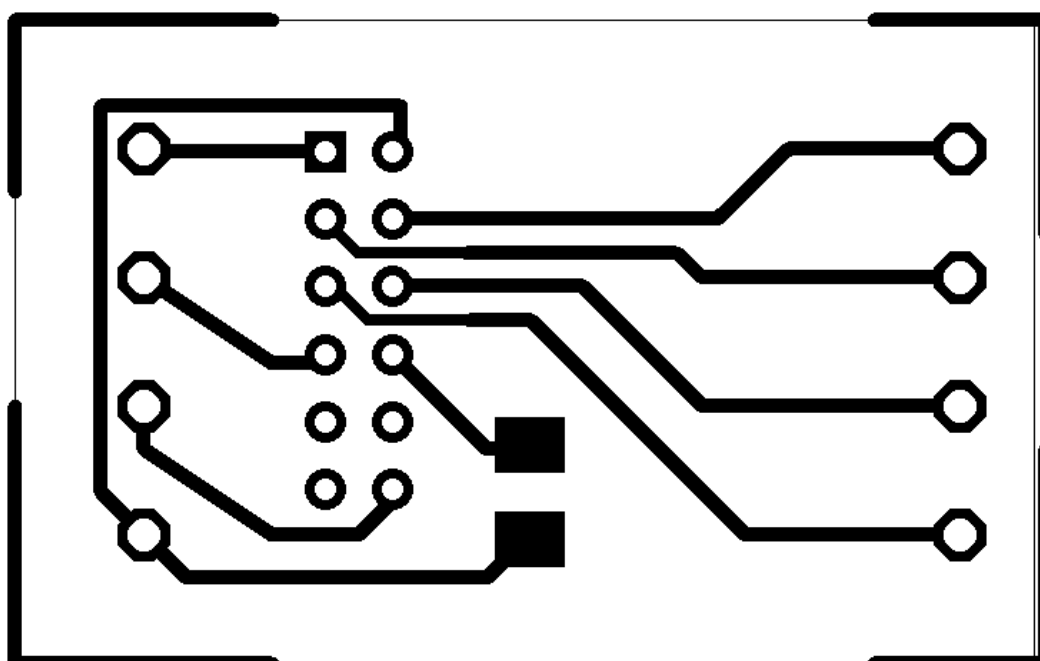
Rozměr desky 104 x 60 [mm],

B.3 Deska plošných spojů spínací jednotky



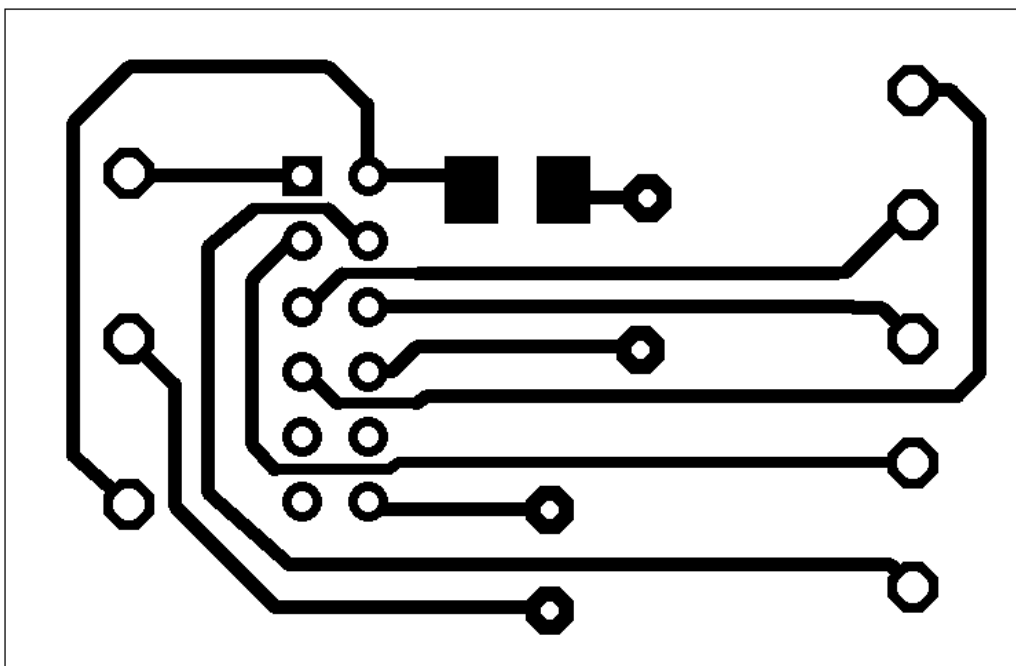
Rozměr desky 36 x 90 [mm],

B.4 Deska plošných spojů modulu RFM12B pro hlavní jednotku



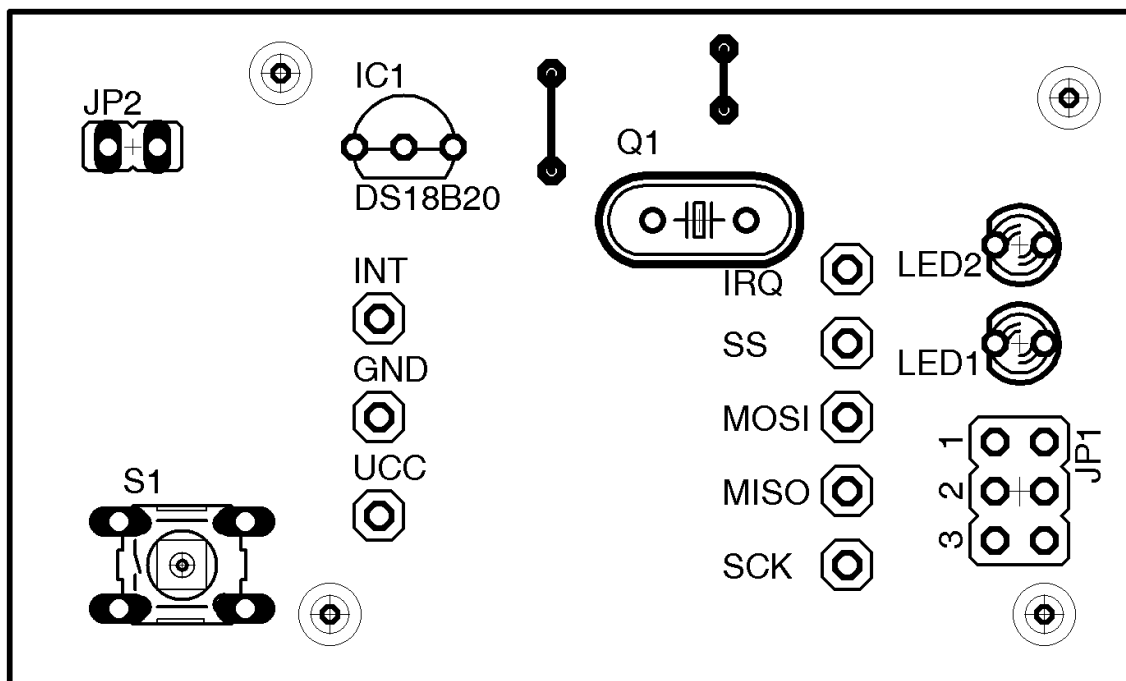
Rozměr desky 21 x 31 [mm],

B.5 Deska plošných spojů modulu RFM12B pro vedlejší jednotky

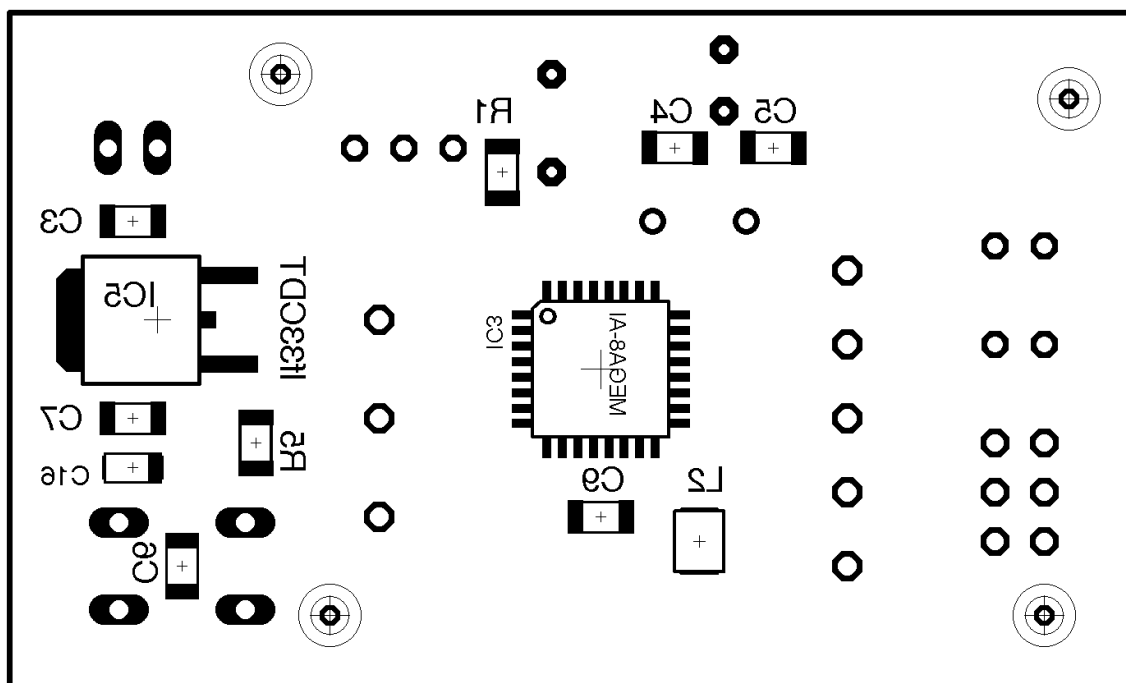


Rozměr desky 21 x 31 [mm],

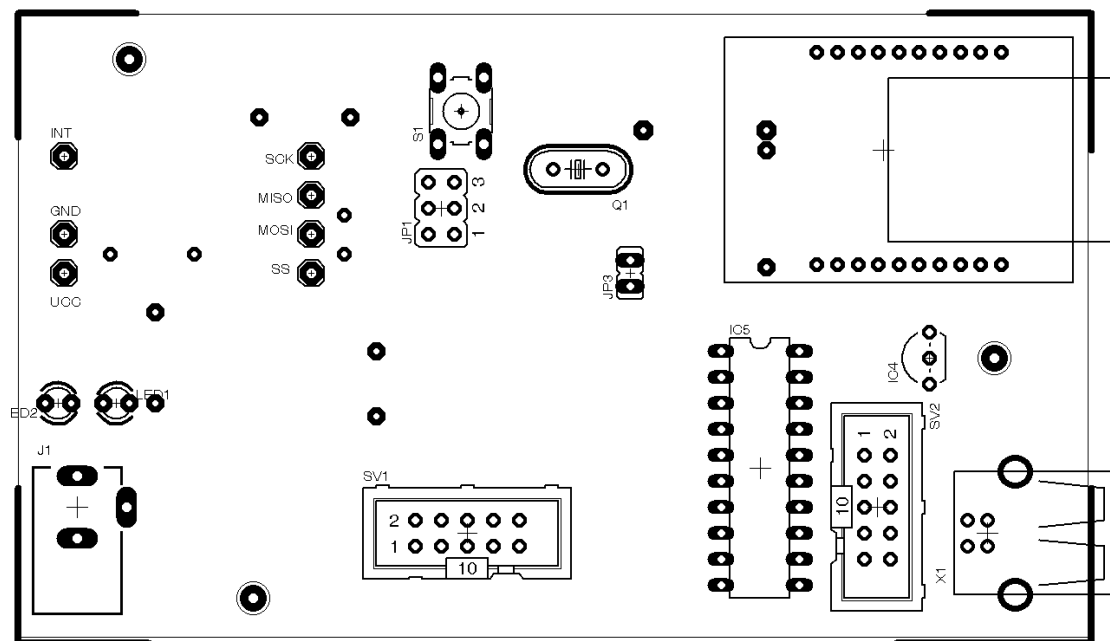
B.6 Osazovací výkres venkovní jednotky strana TOP



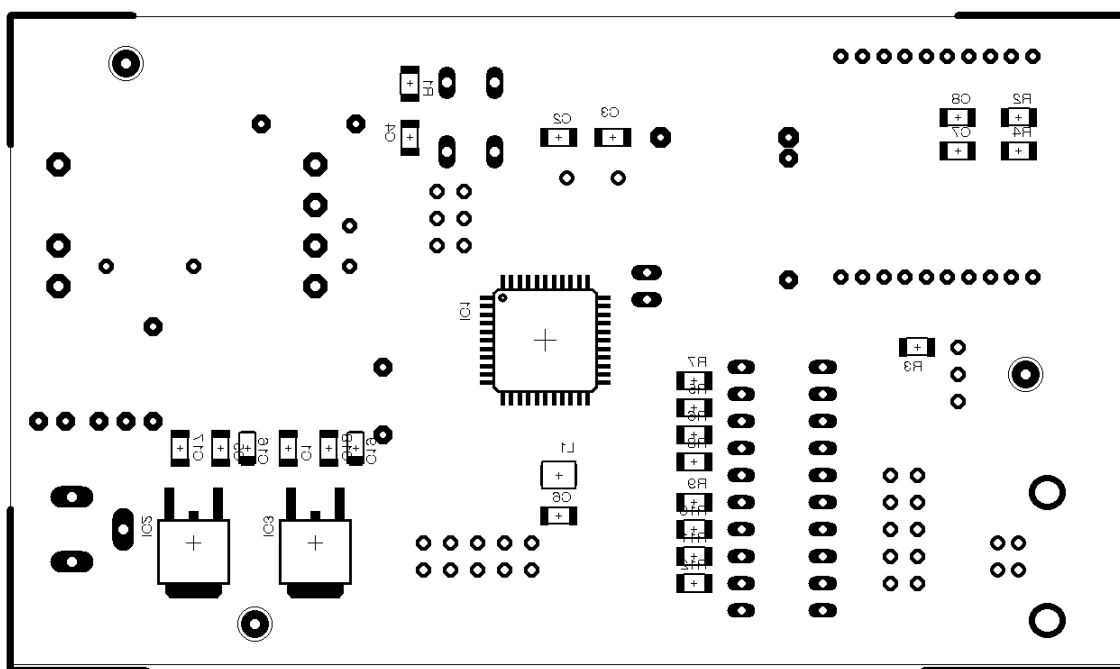
B.7 Osazovací výkres venkovní jednotky strana BOTTOM



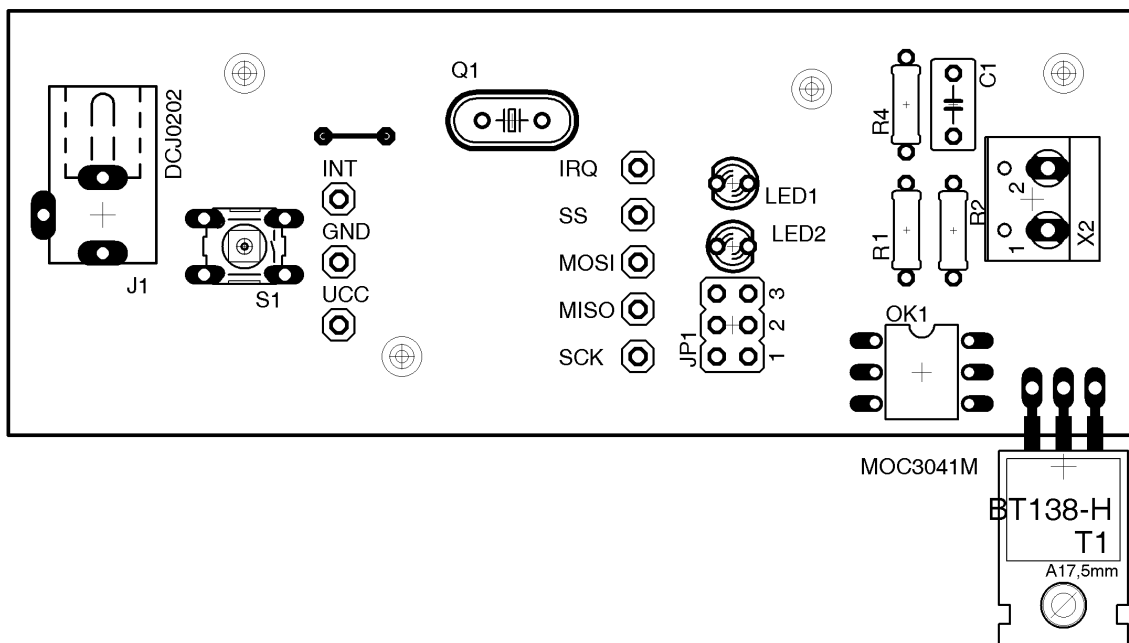
B.8 Osazovací výkres hlavní jednotky strana TOP



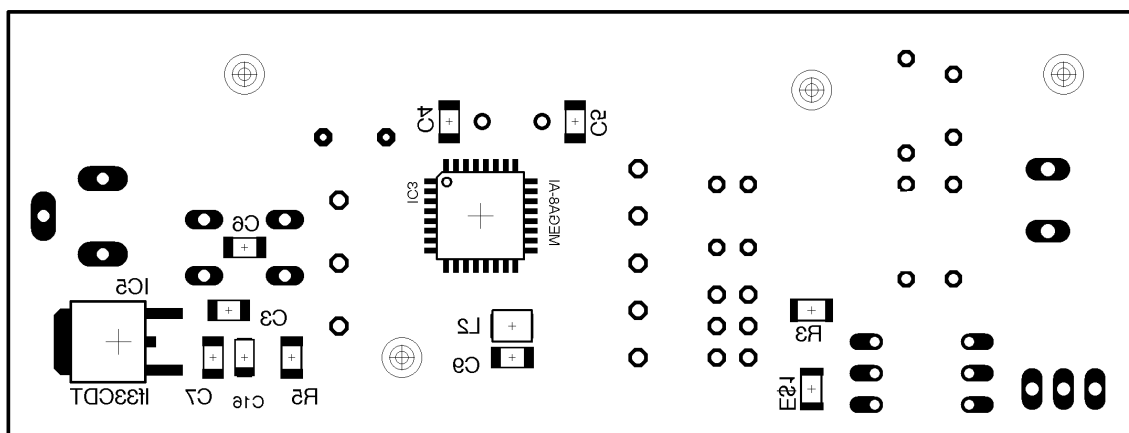
B.9 Osazovací výkres hlavní jednotky strana BOTTOM



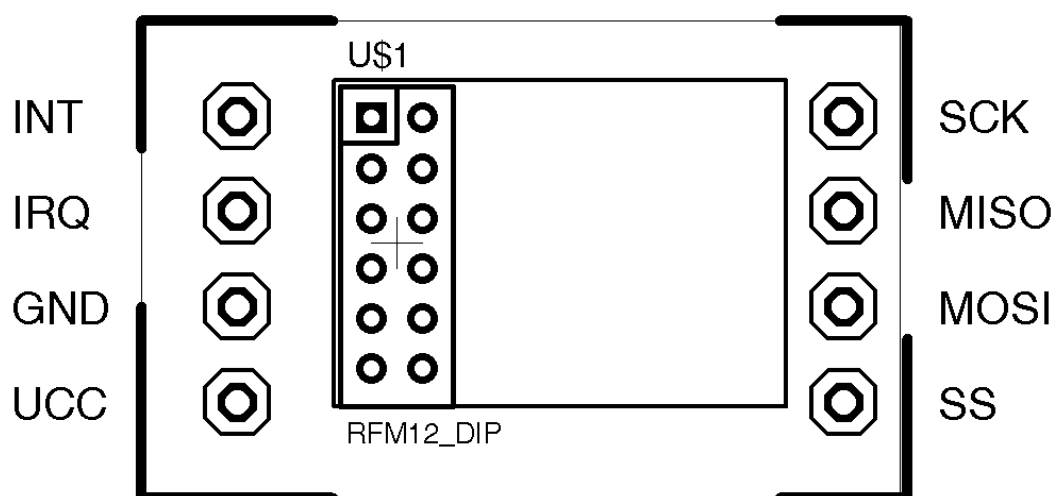
B.10 Osazovací výkres spínací jednotky strana TOP



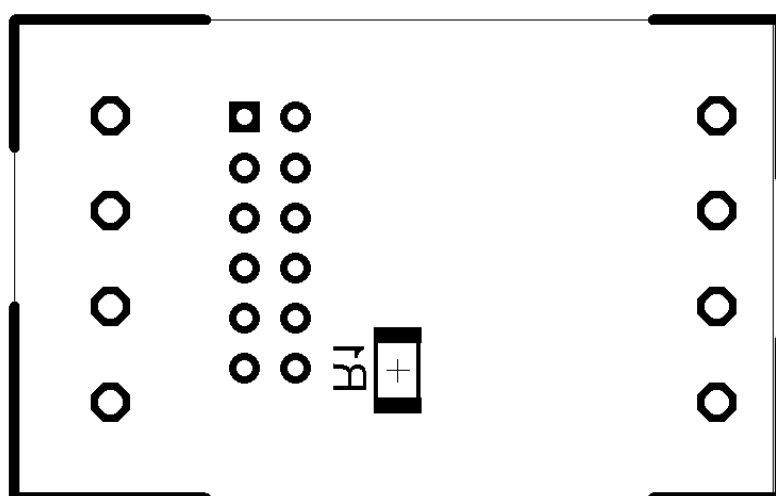
B.11 Osazovací výkres spínací jednotky strana BOTTOM



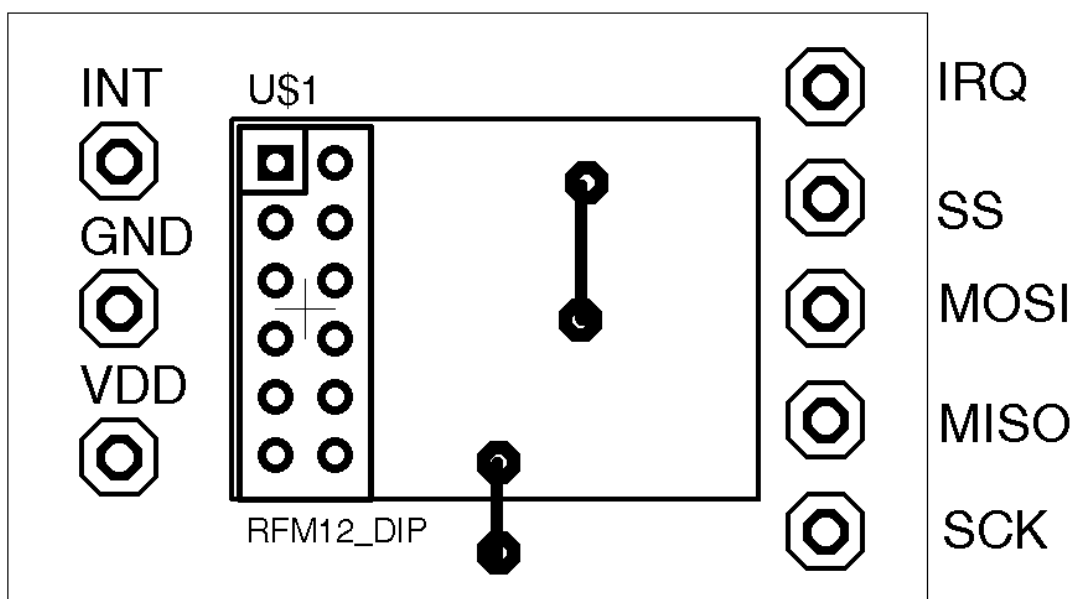
B.12 Osazovací výkres modulu RFM12B pro hlavní jednotku strana TOP



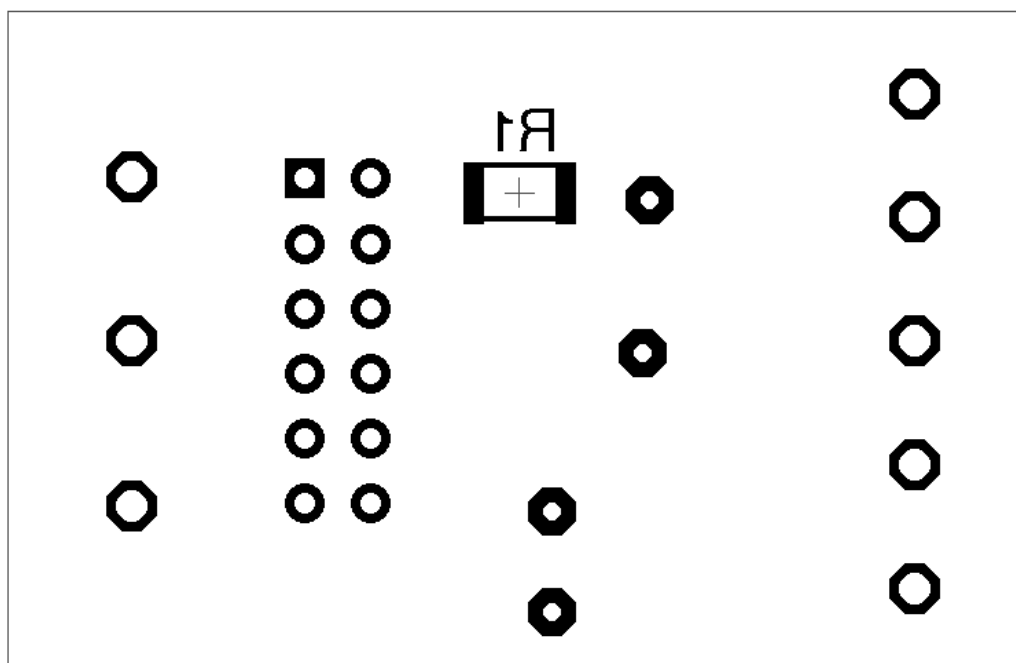
B.13 Osazovací výkres modulu RFM12B pro hlavní jednotku strana BOTTOM



B.14 Osazovací výkres modulu RFM12B pro vedlejší jednotky strana TOP

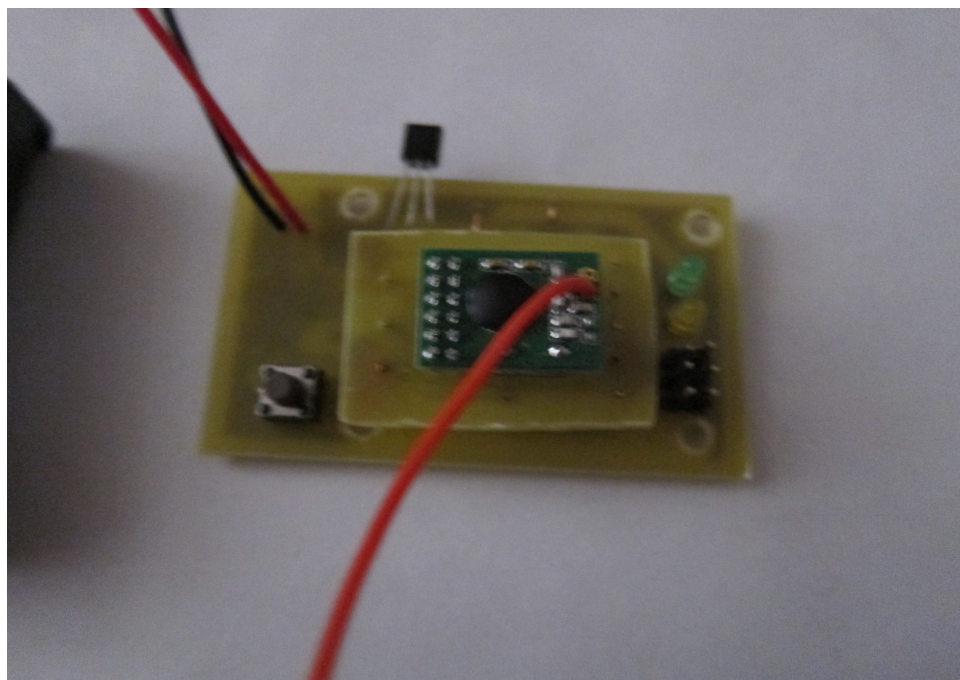


B.15 Osazovací výkres modulu RFM12B pro vedlejší jednotky strana BOTTOM

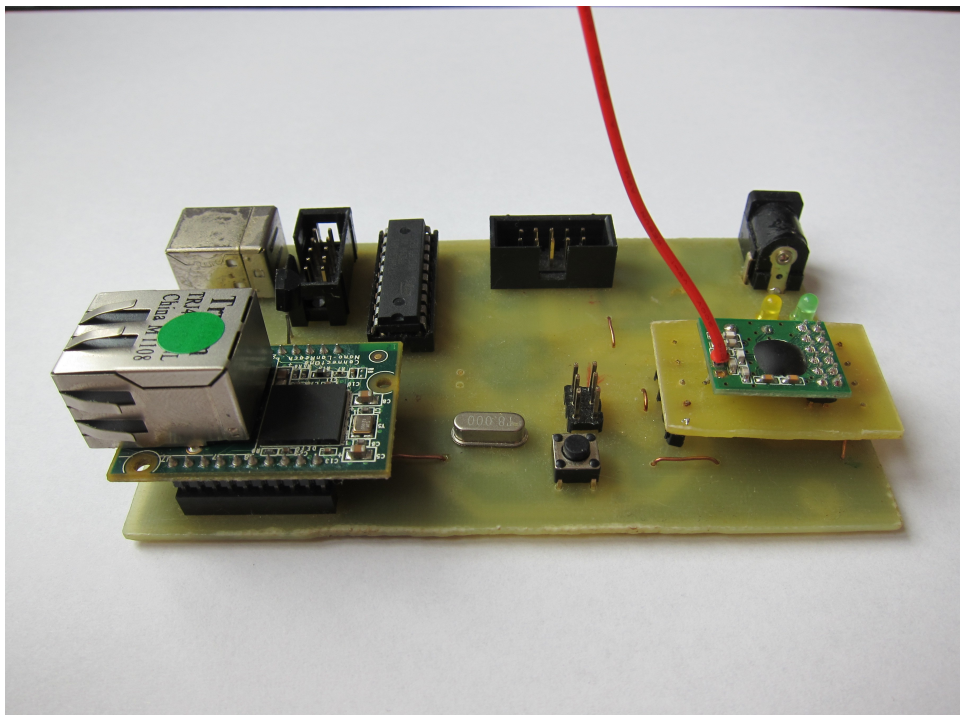


C FOTODOKUMENTACE

C.1 Venkovní jednotka



C.2 Hlavní jednotka



C.3 Spínací jednotka

